

Opinnäytetyö (Turun AMK)

Konetekniikan koulutus

Koneautomaatiotekniikka

2020

Tero Naumi

KONENÄKÖTEKNIIKAN HARJOITUSYMPÄRISTÖN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Tero Naumi

KONENÄKÖTEKNIIKAN HARJOITUSYMPÄRISTÖN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella harjoitusympäristö, jossa voi testata erilaisia konenäkökameroita ja valaistusratkaisuja kappaleiden tunnistuksessa ja mittauksessa. Vaatimuksiksi asetettiin mittauskorkeuden helppo säätäminen, erilaisten valaistus vaihtoehtojen testaaminen, kameran helppo vaihtaminen sekä kalibroinnin sujuva suorittaminen. Harjoitusympäristö rakennettiin kokonaisuudessaan kierrätysmateriaaleista. Se tarjoaa opiskelijoille hyvät harjoitusolosuhteet ja mahdollisuuden keskittyä konenäön testaamiseen harjoitusympäristön rakentamisen sijasta.

Harjoitusympäristön testijärjestelmänä käytettiin Omronin FH-järjestelmää sekä Omron FH-SM21R 20.4 MPixel mustavalko konenäkökameraa yhdessä siihen sopivan objektiivin kanssa. Opinnäytetyöhön kuuluivat myös testijärjestelmän pikakäyttöohjeen sekä harjoitustehtävien kirjoittamiset.

Opinnäytetyön teoria osassa käsitellään konenäköön liittyviä aihealueita sekä pintapuolisesti konenäön käyttökohteita. Käytännön osiossa kuvataan harjoitusympäristön rakenne, testissä käytetyn FH-järjestelmän toiminta ja sillä suoritettut mittaukset.

[Click here to enter text.](#)

ASIASANAT:

Konenäkö, konenäkökamera, valaistus, kalibrointi, konfigurointi

Tero Naumi

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MACHINE VISION LEARNING ENVIRONMENT

The purpose of this bachelor's thesis was to plan and to build a machine vision learning environment, where anyone can test different machine vision cameras and practise how to measure or to identify different kind of objects in the correct measuring environment. The set requirements for the learning environment were to allow easy adjustment of measuring height, testing of different illumination choices, an easy way of change the camera and a smooth way to make the calibration. The environment was built entirely out of recycled material. The ready-made point offers good testing environment for the students and gives an opportunity to concentrate on testing the machine vision instead of building a proper learning environment.

The used testing system was Omron FH-setup and Omron FH-SM21R 20.4 MPixel resolution monochrome camera with the fitting objective. as a part of the bachelor's thesis work, instructions how to use the FH setup and how to-do the practises were also written for the students.

The theory section of this thesis deals with different areas of the machine vision and shortly also how the machine vision is used in different industrial areas. The hands-on part covers the solutions selected into the learning environment, the use of FH setup and measurements made with the setup.

[Click here to enter text.](#)

KEYWORDS:

Machine vision, Illumination, configuration, machine vision camera

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN PERUSTEET	9
2.1 Mitä on konenäkö ja mihin sitä käytetään	9
2.2 Konenäön tuomat hyödyt	9
2.3 Konenäköjärjestelmän toimintaperiaate	10
3 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN OSAT	11
3.1 Konenäkökamerat ja niiden toiminta	11
3.1.1 Konenäkökamerat ja niiden käyttötarkoitus	11
3.1.2 Konenäkökameran kenno ja suljin	13
3.1.3 Kuvanlatuun vaikuttavat tekijät	14
3.1.4 Kameran Objektiivi	15
3.2 Valaistus	16
3.2.1 Kohtisuora valaistus	17
3.2.2 Diffusio valaistus	17
3.2.3 Sivusuuntainen valaistus	18
3.2.4 Vastavalo	20
3.3 Konenäköjärjestelmät	21
3.3.1 Kuvankaappaus	21
3.3.2 Kuvankäsittely ja mittausohjelmistolle	22
3.3.3 Ohjausjärjestelmä	22
4 KONENÄKÖTEKNIIKAN HARJOITUSYMPÄRISTÖN RAKENTAMINEN	23
4.1 Harjoitusympäristön rakenne	23
4.2 Kameran kiinnitys	23
4.3 Valaistus	25
4.4 Sähköistys	26
4.5 Ohjausyksikkö	27
4.6 Valmis harjoitusympäristö	28
5 HARJOITUSYMPÄRISTÖN TESTAAMINEN OMRON FH-JÄRJESTELMÄLLÄ	29
5.1 Omron FH-järjestelmän kokoonpano	29

5.2 Omron FH-järjestelmän testaus harjoitusympäristössä	31
5.2.1 FH-järjestelmän asennus	31
5.2.2 Kappaleen tunnistus FH-järjestelmän avulla	32
5.2.3 Tunnistustehtävän lopputulos	37
5.2.4 Kappaleen mittaus FH-järjestelmän avulla	37
5.2.5 Mittaustehtävän lopputulos	41
6 TYÖN TULOKSET	42
6.1 Vaatimusten toteutuminen	42
6.2 Testaaminen	43
6.3 Jatkokehitys	43
LÄHTEET	44

LIITTEET

Liite 1. Omron FH Setup pikakäyttöohje

Liite 2. Harjoitustehtävät

KUVAT

Kuva 1. Konenäköjärjestelmän kokoonpano.	10
Kuva 2. Sick Inspector -sarjan 2D-konenäkökamera.....	11
Kuva 3. Matriisi- ja viivakonenäkökamera.	12
Kuva 4. Cognex 5705 älykamera, jossa on 5 Mpixelin resoluutio.....	12
Kuva 5. Sick 3D-kameroita, joissa integroituna kaksi kameraa.	13
Kuva 6. Canon 120MXS CMOS kenno.	13
Kuva 7. Aukon koon suhde ilmoitettuun arvoon ja sen vaikutukset kuvaan.	14
Kuva 8. Polttovälin (eng. Focal length) ja kuvan koon (Field of view) välinen suhde. ...	15
Kuva 9. Nikon Nikkor Z24mm f 1.85 kiinteäpolttovälinen objektiivi.	15
Kuva 10. Sony FE laajakulma objektiivi 20 mm f/1.8.....	16
Kuva 11. Kohtisuora valaistus toteutettuna rengasvalolla.	17
Kuva 12. Valaistus toteutettuna on-axis tekniikalla sekä Banner Tecnologyn valaisin..	18
Kuva 13. Valaistus toteutettuna kupolivalaisutekniikalla.....	18
Kuva 14. Kirkas ja tumma osa sivulta tulevassa valaistuksessa.....	19
Kuva 15. Dark field valaistus ja esimerkki valaistusta kolikosta.....	19
Kuva 16. Latab SAX3 4276 Dark Field valaisin.....	20
Kuva 17. Vastavalo valaistusratkaisuna sekä vastavalo TMS Lite BHS4	20
Kuva 18. Konenäköjärjestelmien tyypillisimmät kokoonpanot.....	21
Kuva 19. SICK Sopas Engineering Tool – avausnäky.....	22
Kuva 20. Kameran korkeuden säätö.....	24

Kuva 21. Kameran kiinnitys harjoituspisteeseen.	24
Kuva 22. LED-valopöytä.	25
Kuva 23. Spottivalo.	26
Kuva 24. Pistorasiayksikkö ON/OFF-ktkimellä.	27
Kuva 25. Ohjausyksikkö.	27
Kuva 26. Valmis konenäön harjoituspiste.	28
Kuva 27. Omron FH-2050 ja SRVK-S12024 jännitelähde.	29
Kuva 28. Omron FH-2050 kytkettynä.	30
Kuva 29. Omron FH-SM21R konenäkökamera ja 3Z4S-LE VS-LLD25 objektiivi.	30
Kuva 30. FZ Panda ohjelman avausnäyttö.	31
Kuva 31. Testauksessa käytetty metallilevy.	32
Kuva 32. Tehtävälistan määrittely.	33
Kuva 33. Kameran säädöt.	34
Kuva 34. Tehtävän määrittely.	35
Kuva 35. Tehtävämäärittelyn tarkistus.	36
Kuva 36. Mittauksen suorittaminen.	36
Kuva 37. Kameran kaibrointi tiedossa olevien mittojen avulla.	37
Kuva 38. Kalibrointiasetusten käyttöönotto.	38
Kuva 39. Mitattava kappale.	39
Kuva 40. Mittaustehtävän asetusvalikko.	40
Kuva 41. Mittaustehtävän tarkistus.	40
Kuva 42. Mittauksen suorittaminen.	41

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
CRI	Colour Rendering Index eli Ra-indeksi on suure, jolla mitataan valonlähteen kykyä toistaa värejä verrattuna vertailuvalonlähteeseen (Wikipedia).
CCD	CCD (Charge -Coupled Device) on kameroissa käytettävä valoherkkä kenno, joka koostuu pikseleistä (Wikipedia).
CMOS	CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) mikropiiri joka perustuu kanavatransistoreihin. Sitä käytetään yleisesti digitaalitekniikassa (Wikipedia).
DVI	(Digital Visual Interface) on Digital Display Working Group -yhteenliittymän kehittämä standardi kuvasignaalin siirtämiseksi digitaalseksi. Liitintä käytetään tietokoneen ja näytön välillä (Wikipedia).
HMI	HMI (Human Machinen Interface) on nimitys käyttöliitymälle, jolla ohjataan ohjelmaa tai laitetta (Wikipedia).
LED	LED (Light Emitting Diode) eli ledi on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa (Wikipedia).
PLC	PLC (Programmable Logic Controller) on ohjelmoitava logiikka, jota käytetään automaatioprosessien ohjauksessa (Wikipedia).

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella konenäkötekniikan harjoitusympäristö Turun Ammattikorkeakoulun koneautomaatiotekniikan laboratorion käyttöön. Harjoitusympäristön vaatimuksiksi määriteltiin mahdollisuus testata erilaisia konenäkökameroita sekä valaistusvaihtoehtoja. Lisäksi vaatimuksina oli helppo konenäköjärjestelmän asentaminen sekä auttaa opiskelijoita ymmärtämään, mitkä asiat vaikuttavat konenäköjärjestelmien kuvantamistoimintaan. Opiskelijat voivat käyttää harjoitusympäristöä konenäkötekniikkaan liittyvien harjoitusten tekemiseen kursseilla. Koulu tekee myös paljon yhteistyötä yritysten kanssa, joilta tulee usein tutkimuspyyntöjä koskien konenäön hyödyntämistä erilaisissa prosesseissa. Harjoitusympäristöä voidaan hyödyntää etsittäessä ratkaisuja esitettyihin tutkimuspyyntöihin. Harjoitusympäristön testauksessa käytettiin Omronin FH-konenäköjärjestelmää yhdessä Omron FH-SM21R 20.4 Megapixelin mustavalko konenäkökameran kanssa. Ympäristön testaus suoritettiin tekemällä testijärjestelmällä tunnistus- ja mittaustehtäviä.

2 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN PERUSTEET

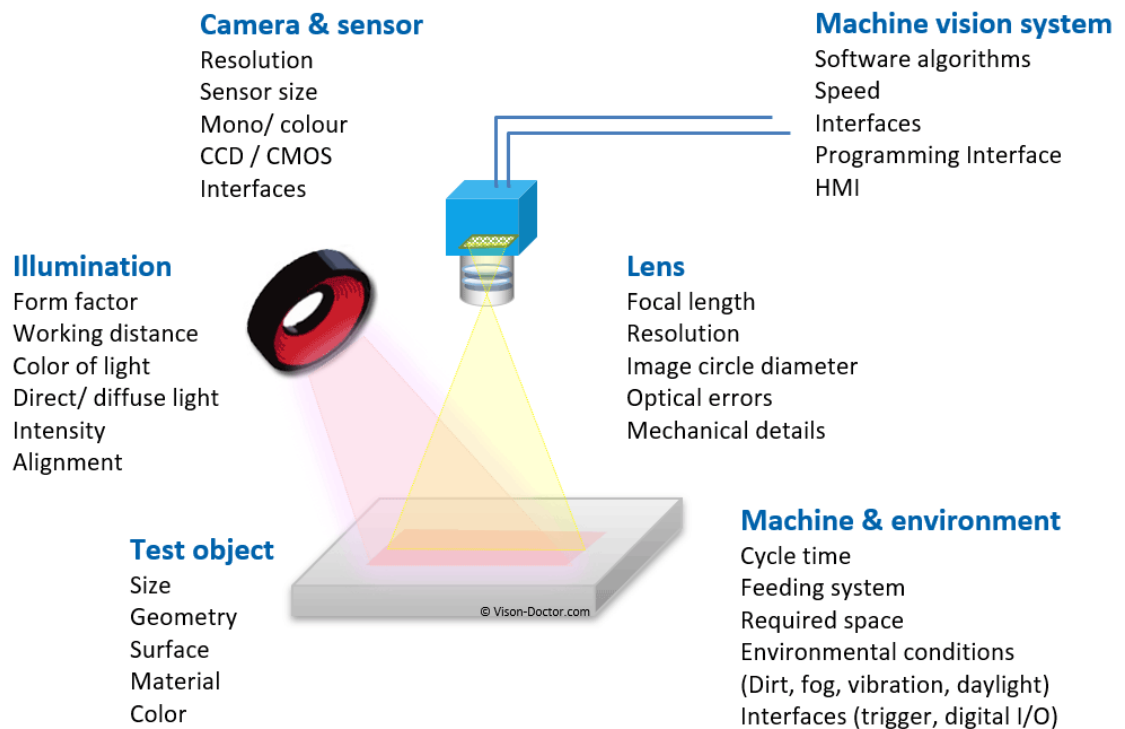
2.1 Mitä on konenäkö ja mihin sitä käytetään

Konenäkö on digitaalisista kuvista tehtävää etukäteen asetettujen kriteerien mukaan tehtävää automaattista analysointia, josta saadun tiedon perusteella tehdään jatkotoimenpiteitä. Toimenpide voi olla esimerkiksi tuotteen hyväksyminen tai hylkääminen. Konenäköä käytetään lähes kaikilla teollisuuden toimialoilla. Sitä voidaan käyttää laadun tarkkailuun, logistiikka prosesseihin, valmistusprosesseihin ja vaikkapa kasvuprosesseihin. Tyypillisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi koodien tunnistaminen, kappaleiden lukumäärän laskeminen, erilaisten puutteiden havaitseminen ja tuotteiden lajitteluun. Konenäköä voidaan käyttää myös tarkkojen mittausten tekemiseen. (Seinäjoen Ammattikorkeakoulu.2016.,Tapaninen 2018).

2.2 Konenäön tuomat hyödyt

Konenäkö on ihmissilmää tarkempi, nopeampi ja luotettavampi. Ominaisuudet mahdollistavat esimerkiksi tuotannon laadun paranemisen, tuotannon kasvun, tuotantokustannusten pienemisen ja paremman tuotannon seurannan. Voidaan siis todeta konenäön maksavan itsensä nopeasti takaisin. (<https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/benefits>).

2.3 Konenäköjärjestelmän toimintaperiaate



Kuva 1. Konenäköjärjestelmän kokoonpano. (Vision Doctor 2020)

Konenäössä kamera ja siihen liitetty optiikka ottaa kuvan kohteesta, joka on valaistu niin, että kohteesta halutut piirteet saadaan hyvin näkyviin kuvausta varten. Kamerasta kuva siirtyy digitaalisena konenäköjärjestelmälle, joka analysoi kuvan sille etukäteen kerrotujen kriteerien mukaan. Analyysin tulokset vaikuttavat automaatiotuotannossa tapahtuvaan toimintaan. (Hong etc. 2016)

3 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN OSAT

Konenäköjärjestelmä koostuu kamerasta ja siihen liitetystä optiikasta, valaistuksesta, konenäköjärjestelmästä (PC, analyysiohjelmisto) sekä liittynöistä ulkoisiin järjestelmiin (PLC). Tässä kappaleessa käsitellään syvällisemmin konenäköjärjestelmän eri osia.

3.1 Konenäkökamerat ja niiden toiminta

Konenäkökameran valintaan vaikuttaa oleellisesti mihin tarkoitukseen sitä aioitaan käyttää. Valintaan vaikuttavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi kameran resoluutio, kennon koko sekä onko kamera väri-vai mustavalkokamera.

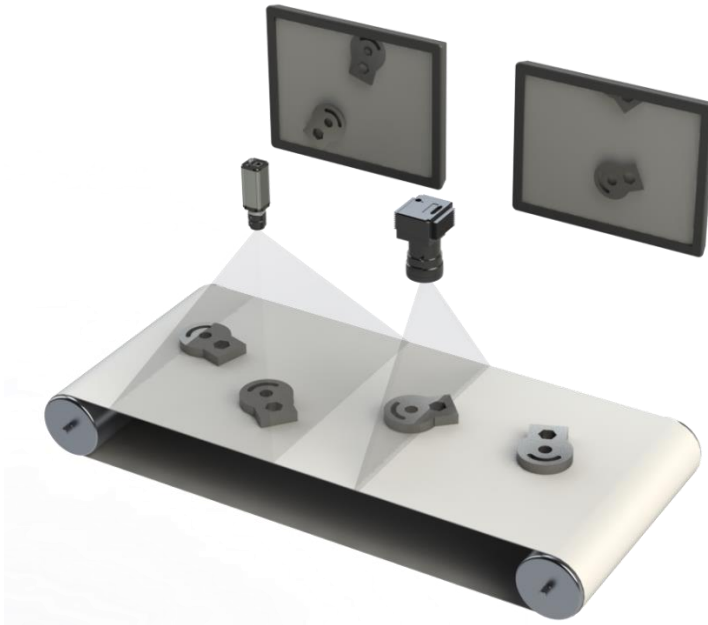
3.1.1 Konenäkökamerat ja niiden käyttötarkoitus

Konenäkökamerat voidaan jakaa kahteen pääryhmään eli matriisi- ja viivakameroihin niissä käytetyn kennon koon mukaan. Matriisikameroissa kennon koko vaihtelee käytetyn resoluution mukaan. Esimerkiksi, jos resoluutio on 1280 x 1024 pixeliä, niin kennossa on 1280 pixeliä vaakasuunnassa ja 1024 pixeliä pystysuunnassa, yhteensä 1,3 M pixeliä. Konenäkökameroita on markkinoilla tarjolla aina 30 M pixelin resoluutioon asti. Kuvasuhde on pääsääntöisesti 4:3. (SeAMK 2016)



Kuva 2. Sick Inspector -sarjan 2D-konenäkökamera, jossa 640 x 380 pixelin CMOS kenno (www.sick.com).

Viivakameroilla kuvaus tapahtuu yksi vaakaviiva kerrallaan. Viivan koko voi olla esimerkiksi 1280 x 1 pixeliä. Näillä kameroilla voidaan kuvata esimerkiksi nopeasti liikkuvaa kohdetta, esimerkiksi paperitehtaassa viivakameraa voidaan käyttää paperin laadun tarkkailussa.



Kuva 3. Matriisi-ja viivakonenäkökamera. (SAMK Automaation tutkimusryhmä)

Konenäköjärjestelmissä käytetään nykyisin myös **älykamaroita** sekä **3D-kamaroita**. Älykamerassa on integroitu prosessori, joka hoitaa kuvan analysoinnin. Kamerassa voi olla integroituna myös valaistukseen käytettäviä led-valoja. Älykamerat ovat hinnaltaan selvästi kalliimpia kuin konenäkökamerat, mutta toisaalta itse konenäköjärjestelmä voi useissa tapauksissa tulla jopa halvemmaksi.



Kuva 4. Cognex 5705 älykamera, jossa on 5 Mpixelin resoluutio. (www.cognex.com)

3D-kameralla saadaan kuvaukseen mukaan syvyysvaikutelma. Se saadaan aikaiseksi joko yhdellä tai kahdella kameralla. 3D-kuvan muodostuksessa on tärkeitä saada kuva useasta eri kulmasta. 3D-kameroita on saatavana yhdellä ja kahdella kameralla varustettuina.

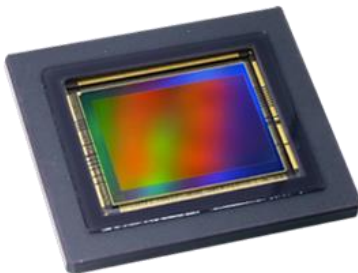


Kuva 5. Sick 3D-kameroita, joissa integroituna kaksi kameraa. (www.sick.com)

3.1.2 Konenäkökameran kenno ja suljin

Kennojen valmistuksessa käytetään kahta eri teknologiaa, CCD (Charge Coupled Device) ja CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductors). CCD kennossa jokainen pikseli reagoi valoon ja lähettää valon aiheuttaman varauksen eteenpäin. CCD kennon yhteydessä tarvitaan erillinen piiri A/D -muunnoksen tekemiseen. CMOS kennossa varaus muutetaan jännitteeksi jo pikselissä ja sitä myös vahvistetaan. Tämä mahdollistaa myös A/D-muunnoksen tekemisen kennossa.

Kennoista CMOS kenno on edullisempi valmistaa, se kuluttaa vähemmän virtaa ja sen kohinasuhde on parempi kuin CCD kennon. Näistä syistä johtuen CMOS on käytössä suurimmassa osassa konenäkökameroita (Seinäjoen Ammaattikorkeakoulu 2016).



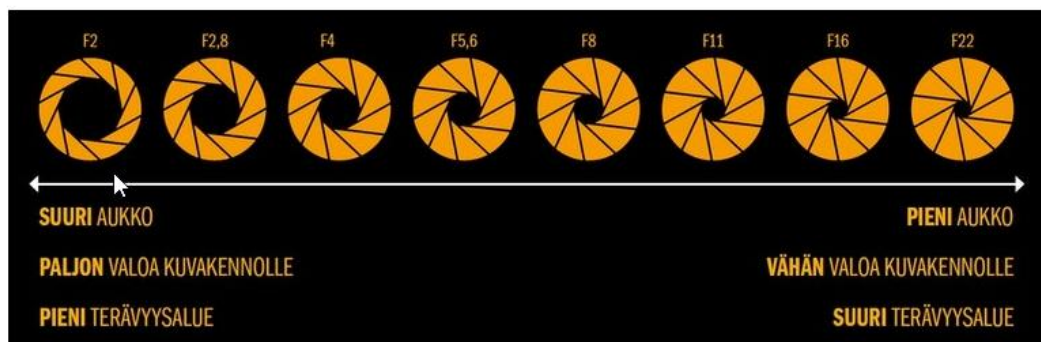
CMOS kenno 120 megapixeliä. Kennon koko 29.22mm x 20.20mm, pixelin koko 2.2µm.

Kuva 6. Canon 120MXS CMOS kenno. (<https://canon-cmos-sensors.com/cmos-sensors/>)

Kameran sulkimella (engl. Shutter) määritetään aika, miten pitkään valo pääsee kennolle. Sulkimen tekniikoita on kaksi, Global shutter, jota käytetään CCD - kameroiden kanssa sekä Rolling shutter, jota käytetään pääasiassa CMOS - kameroiden kanssa.

Tekniikat eroavat siinä, miten kuva-alue skannataan. Global shutter skannaa koko kuva-alueen yhdellä kertaa, kun rolling shutter skannaa kuvan juova kerrallaan. Tekniikasta johtuen rolling shutter vääristää kuvaa varsinkin silloin, kun kuvassa on nopeasti liikkuvia osia. Vääristymän korjaukseen on kehitetty jo ratkaisuja, mutta kokonaan ongelmaa ei ainakaan vielä ole pystytty ratkaisemaan. Konennäkökameroissa käytetään kuitenkin pääasiassa CMOS kennoja sekä Rolling shutter sulkijaa (Adler 2017).

Kameran/objektiivin määrittelystä löytyy myös tieto polttovälistä (engl. Focal Length). Esimerkiksi testauksessa käytetyssä objektiivissä polttoväliksi on ilmoitettu 25 mm. Toinen ilmoitettu arvo on usein aukon koko, joka tässä objektiivissä on F2.1-F16. Tässä objektiivissä voi siis säätää aukon kokoa. Pieni aukkoarvo kertoo aukon olevan suuri ja suuri arvo kertoo aukon olevan pieni. Mitä suurempi aukko on, sitä enemmän kennolle pääsee valoa. Vastaavasti kuvan terävyysalue on pieni, kun aukko on suuri ja päinvastoin (Siersbæk 2017).

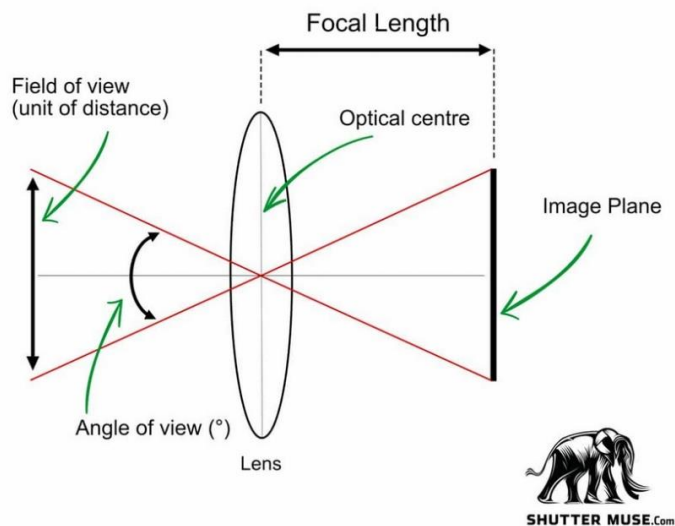


Kuva 7. Aukon koon suhde ilmoitettuun arvoon ja sen vaikutukset kuvaan.

3.1.3 Kuvanlatuun vaikuttavat tekijät

Konenäkökameran teknisissä tiedoissa kerrotaan yleensä kameran kenno sekä suljin teknologia, pixelien määrä, kennon koko sekä usein myös yhden pixelin koko. Joissain määrittelyissä pixelien määrä on ilmoitettu nimellä "resolution". Resoluutio kuitenkin kertoo normaalisti sen, kuinka monta pixeliä on yhden tuuman matkalla (dpi=dot per inch).

Konenäkökameroissa kuvanlaatuun vaikuttaa eniten käytetyn kennon koko sekä käytössä olevien pixelien määrä. Pieni kenno ja iso pixelimäärä asettaa haasteita esimerkiksi tarvittavalle valon määrälle. Kuvasta tulee myös helposti kohinainen. Käytännössä kennon koko yhdessä polttovälin kanssa määrää syntyvän kuvan koon. Teknisissä tiedoissa käytetään kuvan koosta merkintää FOV (Field of View) (Carr 2017).



Kuva 8. Polttovälin (eng. Focal length) ja kuvan koon (Field of view) välinen suhde.

3.1.4 Kameran Objektiivi

Objektiiveja on markkinoilla tarjolla eri tarkoituksiin. Konenäkökameroissa yleisimmät objektiivit ovat kiinteäpolttovälinen (eng. prime) sekä zoom objektiivit. Näistä Zoom objektiivi on monipuolisempi ja jonkin verran kalliimpi kuin kiinteäpolttovälinen objektiivi. Prime objektiivi on myös kevyempi ja niissä on usein mahdollisuus laajempaan valoaukon säätöön kuin zoom objektiivissa.



Kuva 9. Nikon Nikkor Z24mm f 1.85 kiinteäpolttovälinen objektiivi. (www.nikon.fi).

Edellämainittujen objektiivien lisäksi markkinoilla on esimerkiksi laajakulma (engl. wide-angle) ja normaali (eng. standard) objektiiveja. Laajakulma objektiivissa polttoväli on normaalia polttoväliä lyhyempi, joka näkyy kuvassa kuvan reunojen vääristymänä. Normaali objektiivissa polttoväli on suunnilleen valaistavan kennon kokoinen. Normaaliobjektiivit ovat yleensä hyvin valovoimaisia, joten ne toimivat hyvin huonossakin valaistuksessa.



Kuva 10. Sony FE laajakulma objektiivi 20 mm f/1.8. (www.nikon.fi)

Objektiiveja tiettyihin erikoistarkoituksiin ovat esimerkiksi kauko- (eng. telephoto) ja makro- (eng. macro) objektiivit. Kauko-objektiivissa polttoväli on normaalia polttoväliä pidempi, mikä mahdollistaa kaukana olevan kohteen kuvaamisen läheltä. Kauko-objektiivit ovat kooltaan pitkiä. Makro-objektiivi on tarkoitettu lähikuvaukseen kuvan ollessa jopa 1:1. (Berkenfeld etc. 2013).

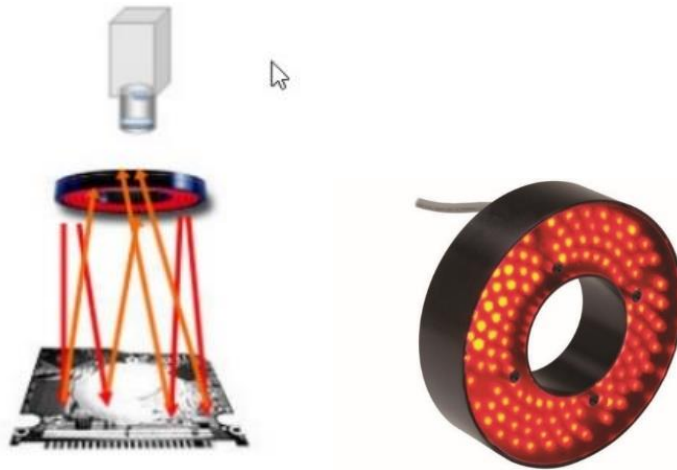
3.2 Valaistus

Valaistuksen tehtävänä on muodostaa olosuhteet, joissa konenäkö tuottaa parhaan mahdollisen lopputuloksen. Valaistus valitaan tehtävän tunnistuksen tai mittauksen mukaan. Sen on oltava stabiili, jotta mittaus on luotettava. Valaistusta voidaan pitää konenäköjärjestelmän haastavimpana osana. (Opetushallitus/Etäopetuksen oppimateriaali)

Valaistuksen valintaan vaikuttavat monet tekijät. Testattavan kappaleen koko, muoto, väri ja materiaali vaikuttavat siihen millä etäisyydellä kamera ja valaistus ovat ja miten valon säteet heijastuvat kappaleen pinnasta. Valintaan vaikuttaa merkittävästi myös se mitä kappaleesta halutaan saada näkyviin tai mitä siitä tutkitaan. (Vision Doctor 2020).

3.2.1 Kohtisuora valaistus

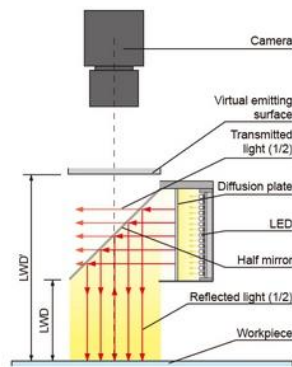
Kohtisuoraa valaistusta voidaan käyttää, jos valaistaan heijastamatonta materiaalia. Tekniikka voidaan parhaiten käyttää isojen kohteiden valaisussa vahvan heijastuksen ansiosta. Valaisinratkaisuna käytetään esim. rengasvaloa, joita on saatavissa eri väreillä. (Vision Doctor 2020).



Kuva 11. Kohtisuora valaistus toteutettuna rengasvalolla. (Vision Doctor 2020)

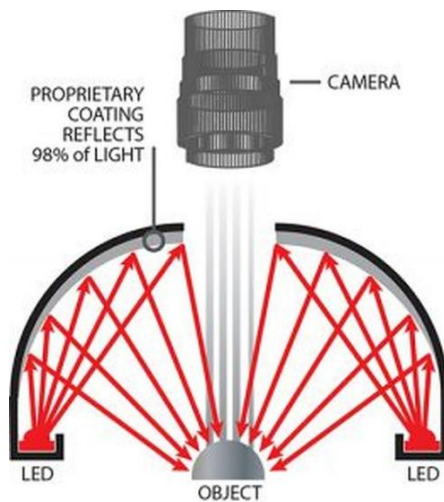
3.2.2 Diffusio valaistus

Kohtisuora valaistus toimii huonosti tutkittavan tai mitattavan kappaleen ollessa heijastavaa tai kirkasta materiaalia tai se on muodoltaan muuta kuin tasainen. Diffusio valaistus voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Helpoin tapa on hajottaa valonsäteitä niin, että ne jakaantuvat tasaisemmin kappaleen pinnalle. Useimmissa tapauksissa tämä ei välttämättä kuitenkaan riitä. Markkinoilla on saatavissa ns. on-axis valaisimia, jossa valo ohjataan hajottavan materiaalin läpi valoa läpäisevälle peilipinnalle, joka on 45 asteen kulmassa valaistavaan kappaleeseen nähden. Näin valonsäteet saadaan hajoitettua isommalle pinnalle ja samalla saadaan vähennettyä heijastuksia (Vision Doctor 2020).



Kuva 12. Valaistus toteutettuna on-axis tekniikalla sekä Banner Tecnologyn valaisin. (CCS inc.)

Toinen suosittu diffuusio valaisin versio on ns. kupoli (eng. dome) valaisin. Kupolivalaisimessa valolähteet, esimerkiksi LED-valot sijoitetaan kupolin sisälle. Valosäteet heijastuvat kupolista tasaisesti kuvattavan kappaleen pinnalle. Kupolivalaisin poistaa parhaiten ylimääräiset varjot ja heijastumat. Valaisimen on yleensä oltava lähellä kappaletta (Vision Doctor 2020.)

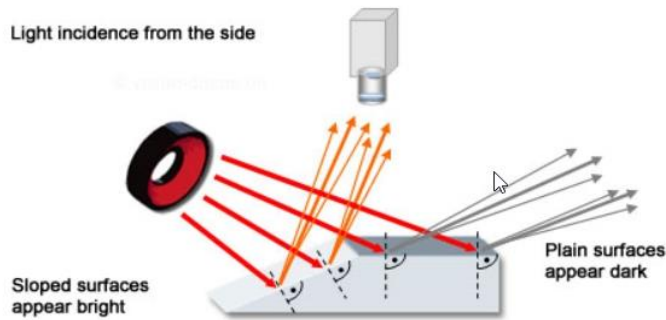


Kuva 13. Valaistus toteutettuna kupolivalaisutekniikalla. (Blue Mango Technology).

3.2.3 Sivusuuntainen valaistus

Sivusuuntaisessa valaistuksessa valo ohjataan kappaleeseen -90 ja 90 asteen välillä olevassa kulmassa. Syntyvässä kameran kuvassa osa pinnasta on kirkkaalla ja osa tummalla puolella.

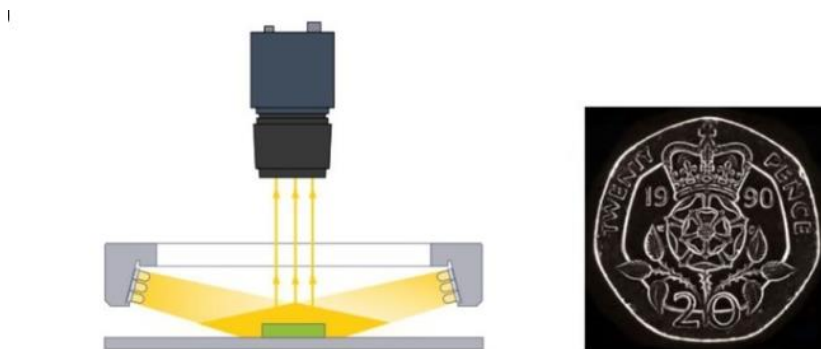
Sivusuuntaisella valaistuksella saadaan vähennettyä pinnan materiaalista johtuvia heijastumia. Useimmiten valolähteet sijaitsevat molemmilla puolilla kohdetta mahdollisesti aiheutuvien varjojen vähentämiseksi. Valolähteinä voidaan käyttää esimerkiksi LED-paneeleita ja -spotteja eri värisin LED komponentein varustettuina (Vision Doctor 2020).



Kuva 14. Kirkas ja tumma osa sivulta tulevassa valaistuksessa. (Vision Doctor 2020)

Dark field valaistus

Kappaleen eri tasossa olevat pinnat, naarmut tai kaiverrukset saadaan hyvin esille, kun kappaleen pintaa valaistaan hyvin pienessä kulmassa. Tätä valaistustapaa kutsutaan Dark field valaistukseksi. Valolähteen on oltava hyvin lähellä (0.5-2 cm) valaistavaa pintaa. Dark field valaistukseen käytetään rengasvaloa, jossa diodit sijaitsevat vinosti pois päin kamerasta (Vision Doctor 2020).



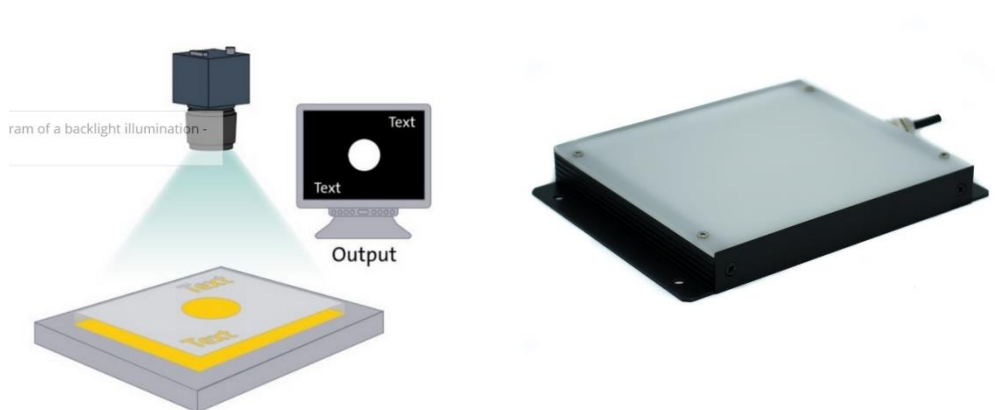
Kuva 15. Dark field valaistus ja esimerkki valaistusta kolikosta (Stemmer Imaging).



Kuva 16. Latab SAX3 4276 Dark Field valaisin. (Lambda)

3.2.4 Vastavalo

Vastavalo on hyvä valaistusratkaisu tehtäessä tarkkoja mittauksia. Kappaleen ollessa valon päällä, se tuo esille kappaleen rajapinnat ilman varjostuksia. Vastavaloja on saatavissa eri kokoisia sekä varustettuna eri värisin LED komponentein (Vision Doctor 2020.)



Kuva 17. Vastavalo valaistusratkaisuna sekä vastavalo TMS Lite BHS4.(Stemmer Imaging, Vision Consultancy)

3.3 Konenäköjärjestelmät

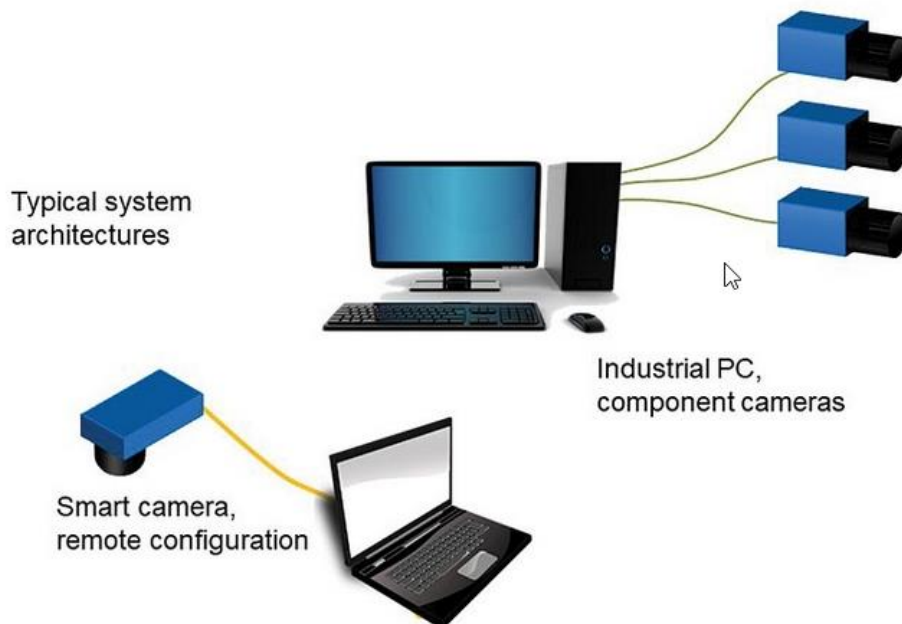
Konenäköjärjestelmä voidaan jakaa neljään osaan eli kuvan muodostukseen konennäkökamerassa, kuvankaappaukseen, kuvankäsittelyyn sekä ohjausjärjestelmään. Kuvanmuodostuksesta on kerrottu osiossa 3.1.

3.3.1 Kuvankaappaus

Kuvankaappauksen tehtävänä on luoda analogisesta tai digitaalisesta bittivirrasta digitaalinen kuva konenäköjärjestelmän käyttöön. Analogisen kameras kuvaa pitää ensin muuntaa digitaalseksi A/D-muuntimen avulla.

Nykyisin valtaosa konennäkökameroista on digitaalisia, jolloin kameras kennolta saatavaa kuvaa ei tarvitse muuntaa analogisesta digitaalseksi.

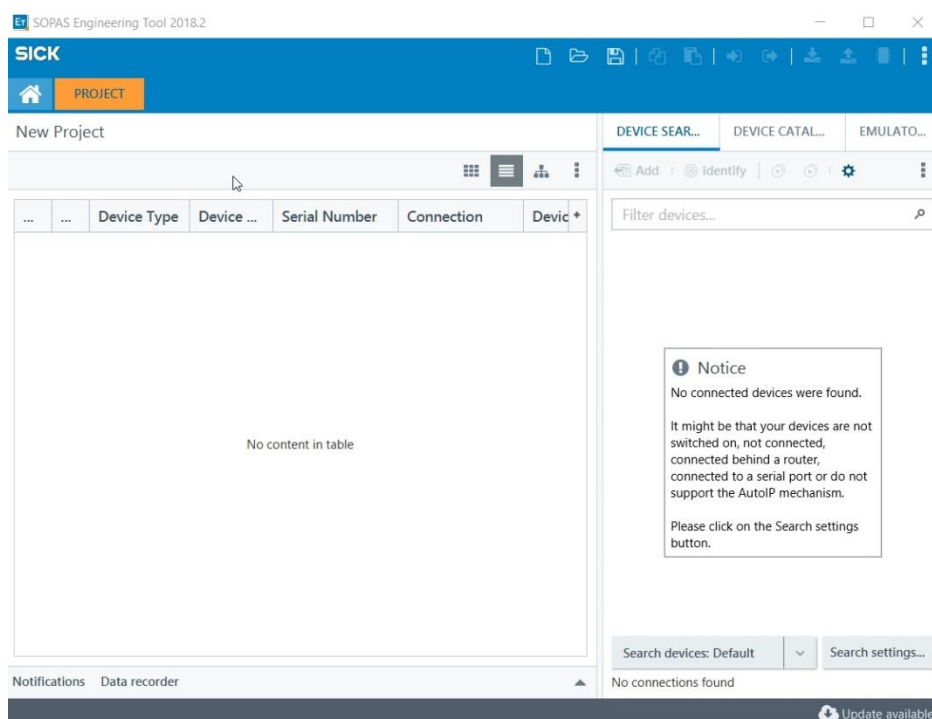
Älykameroissa kuvankaappaus on integroituna kameraan. Kuvakaappaus kuitenkin usein tarvitaan haluttaessa korkearesoluutioisia still kuvia (Dechow 2020).



Kuva 18. Konenäköjärjestelmien tyypillisimmät kokoonpanot (Dechow 2020.)

3.3.2 Kuvankäsittely ja mittausohjelmistolle

Kuvankäsittelyllä kameralta saatua kuvaa muokataan mittaustehtävään sopivaksi. Kuvasta valitaan tehtävään oleelliset osat ja jätetään tarpeettomat osat pois mittauksen nopeuttamiseksi. Kuvankäsittelyohjelmia on sekä valmistajien suljettuja että ohjelmoinnille avoimia ohjelmia. Ohjelmassa on käyttäjille tarjolla valmiita tehtäviä, joiden takaa löytyy matemaattinen algoritmi tehtävän suoritukseen (Esimerkiksi Search, Measure). Mittausohjelmisto hyödyntää kuvankäsittelystä saamansa tiedot ja suorittaa määritetyn tehtävän. Saadut tulokset voidaan hyödyntää esim. tuotannon ohjausjärjestelmässä (Opetushallitus/Etäopetuksen oppimateriaali).



Kuva 19. SICK Sopas Engineering Tool – avausnäky.

3.3.3 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmä hyödyntää ohjelmistolta saamansa tiedot ja suorittaa tarvittavat toimenpiteet halutun toiminnon toteutumiseksi.

4 KONENÄKÖTEKNIIKAN HARJOITUSYMPÄRISTÖN RAKENTAMINEN

Harjoitusympäristön suunnittelu aloitettiin suunnitteleamalla mitä ominaisuuksia siinä tarvitaan asetettujen vaatimusten avulla. Ympäristön pitäisi olla modulaarinen eli konenäkökamera tulisi olla helposti vaihdettavissa ja sen korkeus portaattomasti säädettävissä. Valaistusvaihtoehtoja pitäisi olla useampia eri käyttötarkoituksiin ja niiden paikkaa sekä korkeutta tulisi myös pystyä säätämään portaattomasti. Lisäksi tietokoneelle, näppäimistölle ja hiirelle pitäisi olla paikka harjoitusympäristön yhteydessä.

4.1 Harjoitusympäristön rakenne

Harjoitusympäristö päätettiin rakentaa Feston pöytätason päälle. Rakennusmateriaaliksi valittiin alumiiniprofiili, jota koululla oli tarjolla eri valmistajilta. Alumiiniprofiilin valmistusta ei ole standardoitu, joten esimerkiksi erilaiset kiinnitysratkaisut olivat pieni haaste. Ratkaisu kuitenkin löytyi sovittamalla eri valmistajien kiinnitysmuttereita, jotka sopivat sekä pöytään että profiileihin. Pöytään kiinnitettiin istumakorkeudelle sopivat jalat sekä vahvistettiin rakennetta sivuttaispalkeilla.

4.2 Kameran kiinnitys

Kameran kiinnityksen vaatimuksena oli mahdollisuus siirtää kameraa portaattomasti korkeussuunnassa. Kameran maksimikorkeudeksi valittiin 90 cm. Sivusuunnassa kameran piti olla pöydän keskellä, jotta kuva-alue olisi mahdollisimman iso. Korkeussäätö toteutettiin kolmiokiinnikkeellä, joka on kiinni profiilissa 6mm kuusiokoloruuvilla. Korkeutta voi säätää avaamalla ruuvia, kunnes sivusuunnassa oleva profiili liikkuu.



Kuva 20. Kameran korkeuden säätö.

Kamerassa on 1/4"/5,5mm kierteellä oleva ruuvikiinnitys , joka on standardoitu. Kameran kiinnitystä varten valmistettiin 3D tulostamalla levy, johon sovitettiin kameran kiinnitysruuvi.



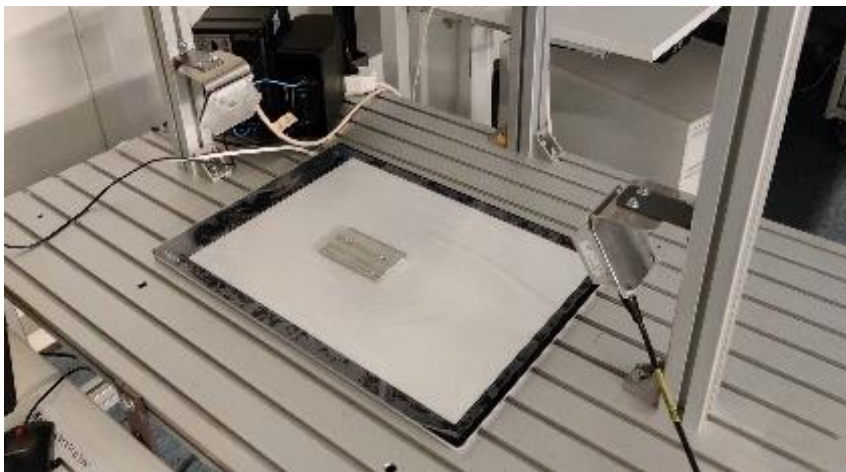
Kuva 21. Kameran kiinnitys harjoituspisteeseen.

Kuvassa 21. Omronin konenäkökamera on kiinnitetty kameran kiinnityslevyyn. Kiinnityslevy on ruuvattu kiinni profiiliin päähän 6 mm kuusiokoloruuvilla. Kamera on helposti vaihdettavissa tarvittaessa toiseen kameraan. Kamera on kytketty FH-2050:aan Omronin omalla liitoskaapelilla.

4.3 Valaistus

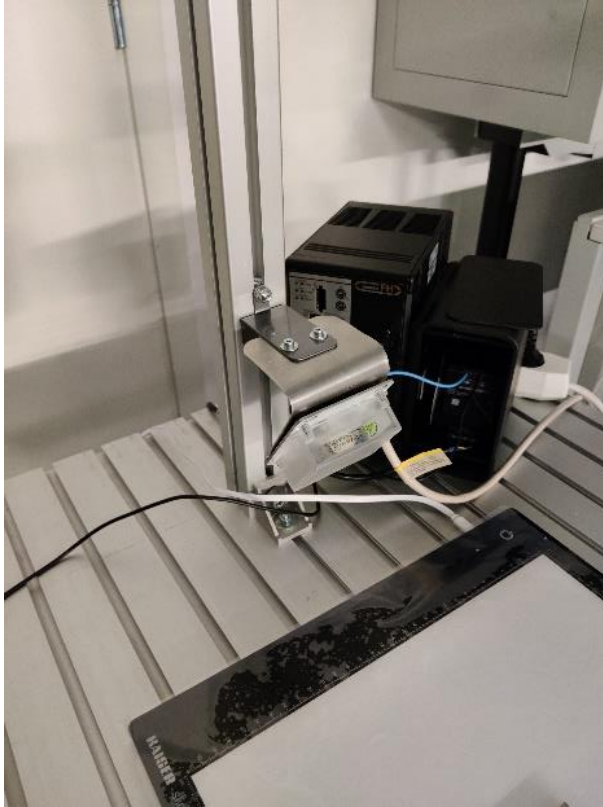
Valaistuksen vaatimukseksi asetettiin erilaisten valaistus vaihtoehtojen testausmahdollisuus. Markkinoilla on tarjolla valtavasti erilaisia valaistusvaihtoehtoja eri valmistajilta. Päätimme keskittyä muutamaankin ratkaisuun, jotka toimisivat parhaiten avoimessa ympäristössä. Konenäköä varten valmistettujen valaisimien hinnat vaihtelevat muutamasta sadasta eurosta aina tuhansiin euroihin. Koska harjoitusympäristössä on tarkoitus harjoitella kappaleen tunnistusta sekä mittausta, päädyttiin kahteen valaistusvaihtoehtoon, jotka saatiin hankittua budjetin raameissa.

Taustavaloksi valittiin LED-valopöytä Penli Oy:ltä. Valopöydän valo-alueen koko on 429 x 309 mm ja alueella on yhteensä 90 lediä. Pöydän CRI arvo on 95 ja valon kirkkautta voi säätää. Pöydässä on päälle/pois kosketusnäppäin, josta säädetään myös kirkkautta.



Kuva 22. LED-valopöytä.

Yleis-/sivuvaloiksi valittiin Advanced Illumination EuroBrite SL-S050075 LED spottivalot. Valo toimii 24 voltin jännitteellä ja sen voi kytkeä jatkuvaksi tai strobo valoksi. Testipöytään ne kiinnitettiin sivuvaloiksi "jatkuva valo" tilassa. Sivuvalojen paikkaa harjoituspöydällä voi muuttaa sekä pysty-että sivusuunnissa.



Kuva 23. Spottivalo.

Kuvassa spottivalo kiinnitettynä vasemmanpuoleiseen pystyprofiiliin. Valon paikkaa säädetään avaamalla kiinnitysruuvia sen verran, että valoa pystyy siirtämään. Valossa on oma kytkentäjohto sekä jännitelähde.

4.4 Sähköistys

FH-2050:ssa ja spottivaloissa ei ole päälle/pois toimintoa eli niiden käynnistäminen ja sammuttaminen tapahtuu pistorasiayksikön on/off kytkimestä. LED-pöydässä sekä näyttössä on myös oma päälle/pois kytkin. Kytkemällä kaikki laitteet pistorasia yksikköön, ne voi kaikki sammuttaa kerralla irrottamatta verkkojohtoja.



Kuva 24. Pistorasiyksikkö ON/OFF-ktkimellä.

Kuvassa pistorasiyksikkö, joka on kiinnitetty testipöydän tukiprofiiliin. On/Off- kytin on pistorasiyksikön uloimassa päässä.

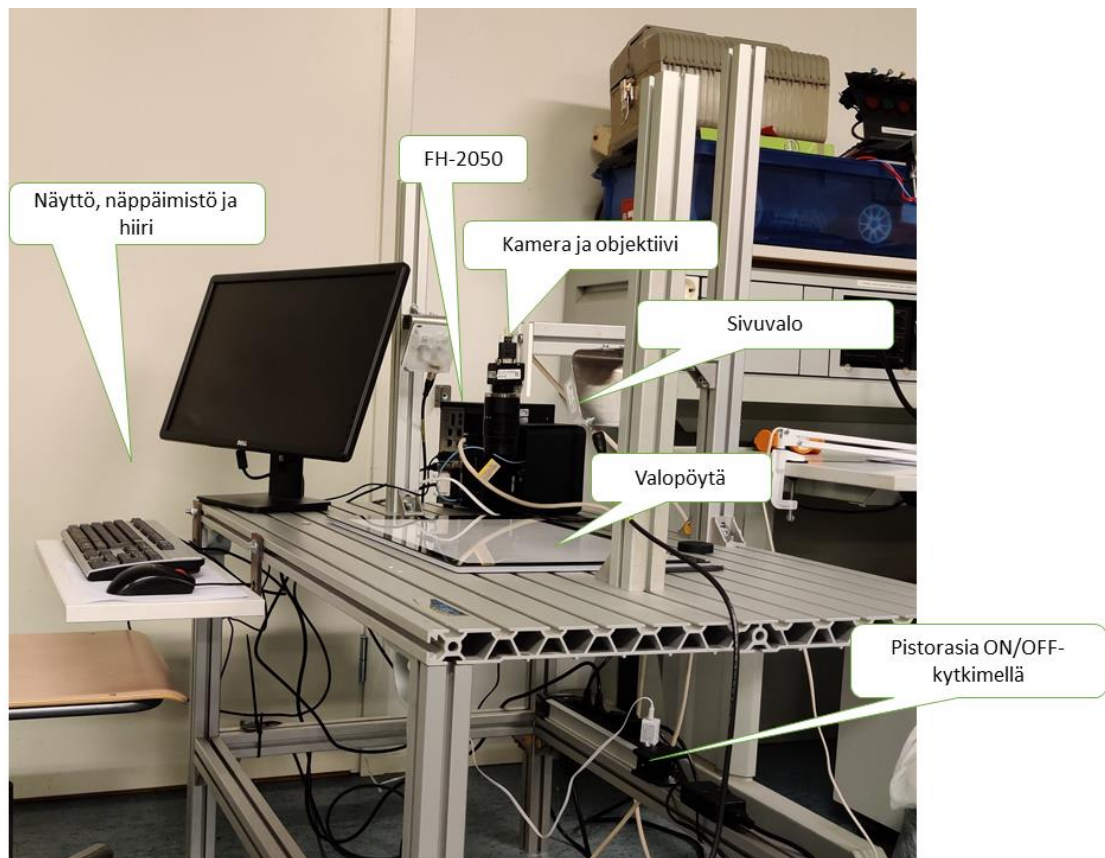
4.5 Ohjausyksikkö

Järjestelmän ohjausyksikköön kuuluvat näyttö, näppäimistö ja hiiri. Näyttö on kiinni tietokoneessa DVI-liitosjohdolla ja hiiri sekä näppäimistö USB-liitännällä. Näytölle löytyi so- piva tila pöytätasolta. Näppäimistölle ja hiirelle kiinnitettiin oma taso, joka on kiinni pöydässä.



Kuva 25. Ohjausyksikkö.

4.6 Valmis harjoitusympäristö



Kuva 26. Valmis konenäkötekniikan harjoitusympäristö.

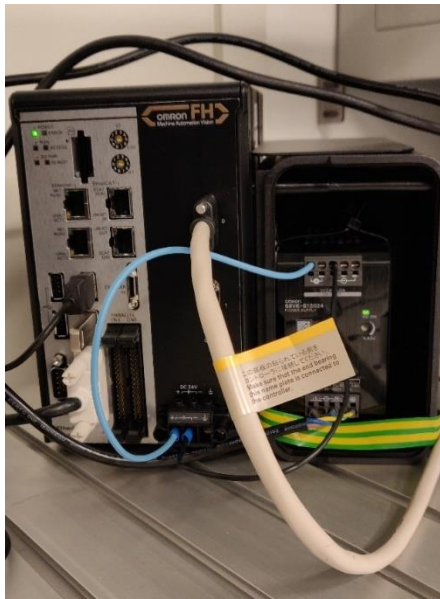
5 HARJOITUSYMPÄRISTÖN TESTAAMINEN OMRON FH-JÄRJESTELMÄLLÄ

5.1 Omron FH-järjestelmän kokoonpano

FH-järjestelmään kuuluu FH-2050 tietokone, SRVK-S12024 jännitelähde sekä FZ-VS3 kamerakaapeli. Jännitelähde muuntaa verkkojännitteen ja syöttää konrolleriyksikköön 24 VDC/5A:n jännitettä. FH-2050:ssa on kahden kameran kytkentämahdollisuus ja siihen voidaan kytkeä vain Omronin valmistamia konenäkökameroita. FH-2050 on kytkettävissä myös EtherNet tai EtherCat verkkoon, mutta tämä osa rajattiin testauksen ulkopuolelle.



Kuva 27. Omron FH-2050 ja SRVK-S12024 jännitelähde.



FH-2050:n ja jännitelähteen kytkennät:

Sininen johto: 24VDC,5A/120W

Musta johto: OV

Kamera: CH 0

Näyttö: DVI-C

Hiiri/Näppäimistö/USB 2.0

Kuva 28.Omron FH-2050 kytkettynä.

Konenäkökameraksi valittiin Omron FH-SM21R Monochrome 20.4 Mpxelin kamera sekä siihen sopiva 3Z4S-LE VS-LLD25 objektiivi. Kamera liitettiin kontrolleriyksikön toiseen kameraliitântään FZ-VS3 kamerakaapelilla.



Omron FH-SM21R konenäkökamera:

- Mustavalko-kamera
- CMOS kenno 20.4 MPixeliä
- Kuvanotto-aika: 42.6 ms *3
- Liitântä Omronin oma

Omron 3Z4S-LE VS-LLD25 objektiivi:

- Yhteensopiva FH-SM21R:n kanssa
- Focus säätö, C mount kiinnitys
- Kiinteä polttoväli 25 mm

Kuva 29. Omron FH-SM21R konenäkökamera ja 3Z4S-LE VS-LLD25 objektiivi.

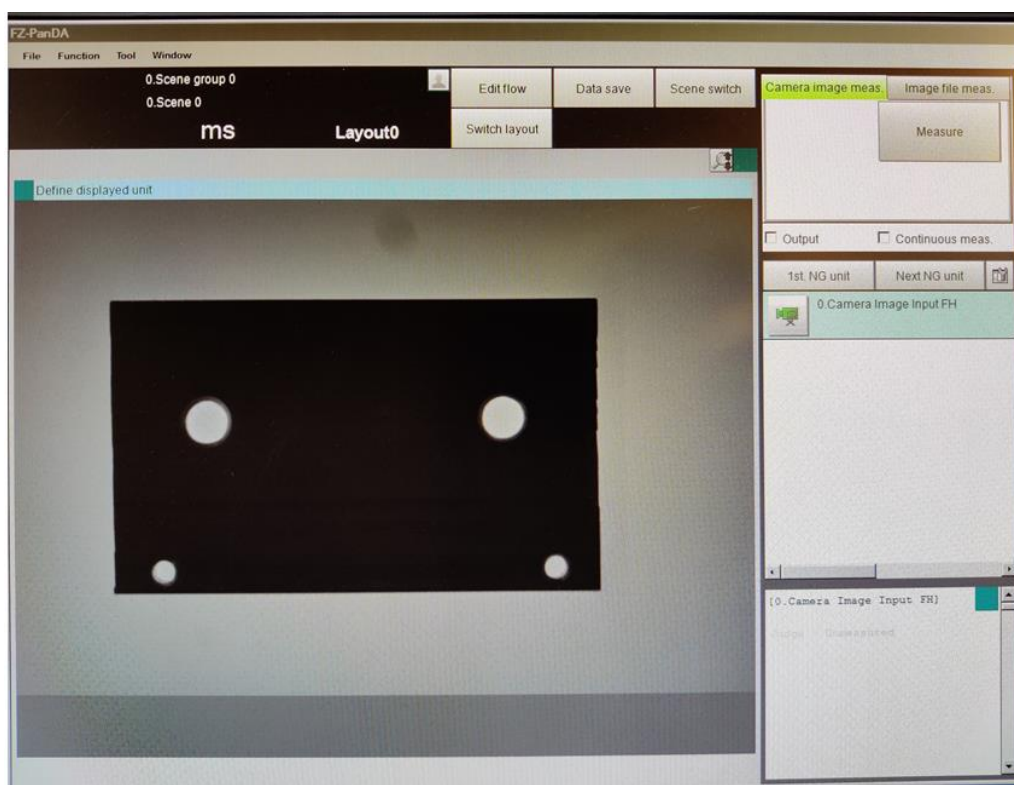
5.2 Omron FH-järjestelmän testaus harjoitusympäristössä

Omron FH-järjestelmän avulla tarkistettiin harjoitusympäristölle suunnitteluvaiheessa asetettujen vaatimusten toteutuminen. Testaus tapahtui kolmessa osassa:

1. Järjestelmän asennus
2. Kappaleen tunnistus järjestelmän avulla
3. Kappaleen mittaus järjestelmän avulla

5.2.1 FH-järjestelmän asennus

Käynnistettäessä FH-2050 lataa näytölle automaattisesti FZ Panda käyttöliittymän. Ensimmäistä kertaa käynnistettäessä ohjelma pyytää valitsemaan ensin ohjelman käyttökielen. Ohjelman päänäyttö käynnistyy kielen valinnan jälkeen.



Kuva 30. FZ Panda ohjelman avausnäyttö.

FH-2050 käynnistää siihen kytketyn kameran automaattisesti. Kameralta tuleva kuva näkyy päänäytössä vasemmalla. Ylälaidassa olevista valinnoista valisemalla "Edit Flow" pääsee määrittelemään tehtävän (Esimerkiksi tunnistus tai mittaus).

5.2.2 Kappaleen tunnistus FH-järjestelmän avulla

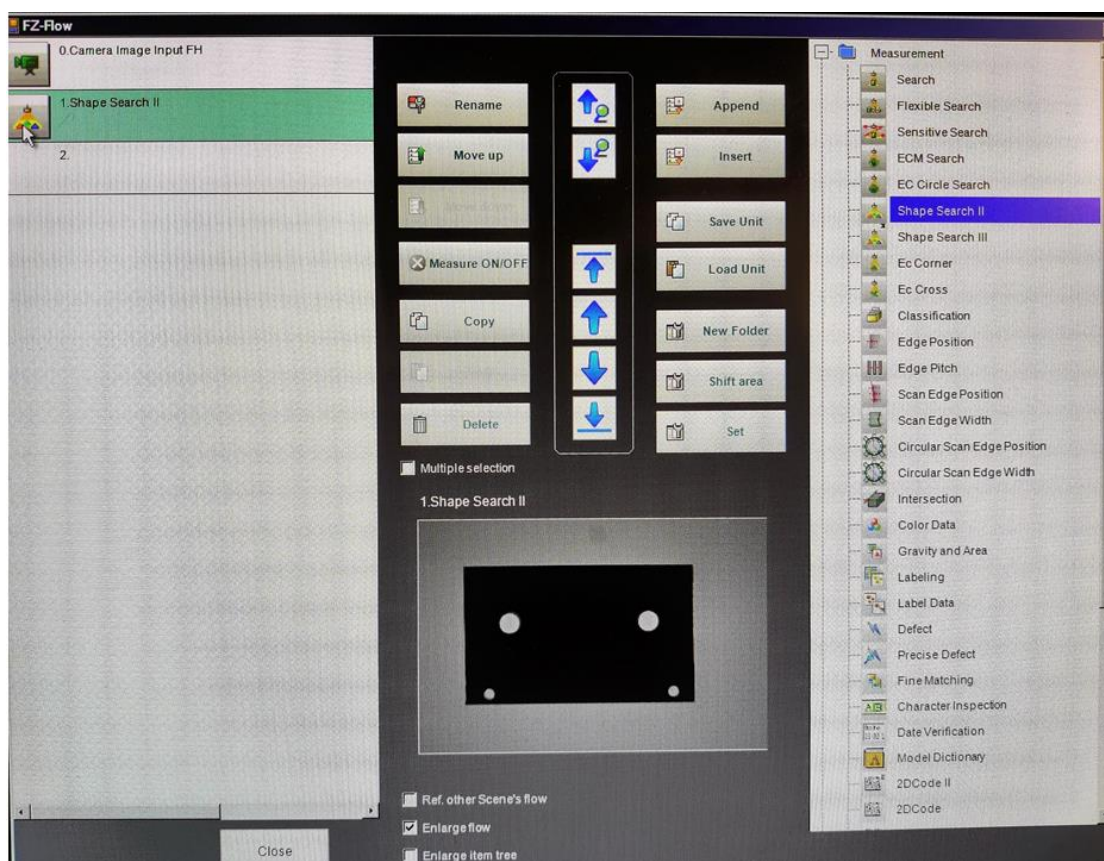
Tunnistettavaksi kappaleeksi valittiin suorakulmainen metallilevy, jossa on oli neljä ympyrämuotoista reikää. Levyjä oli yhteensä kolme (3) kappaletta, jolla voitiin testata useamman kappaleen tunnistus.



Kuva 31. Testauksessa käytetty metallilevy.

Valaistukseksi valittiin taustavalo (led-valopöytä), koska sillä saatiin hyvin metallilevyn piirteet esille ilman heijastuksia ja varjostumia.

”Edit Flow” -näytöstä valittiin työkaluksi ”Shape Search II”. Tehtävä valitaan ensin tehtävälustasta (Measurement) ja siirretään tehtäväjonoon (Flow) valitsemalla ”Append”- toiminto. Tehtäväjono näkyy kuvassa 32. vasemmalla. Ensimmäisenä listalla on käytössä oleva konenäkökamera, jonka säätöjä pääsee muuttamaan klikkaamalla kameran ikonia.

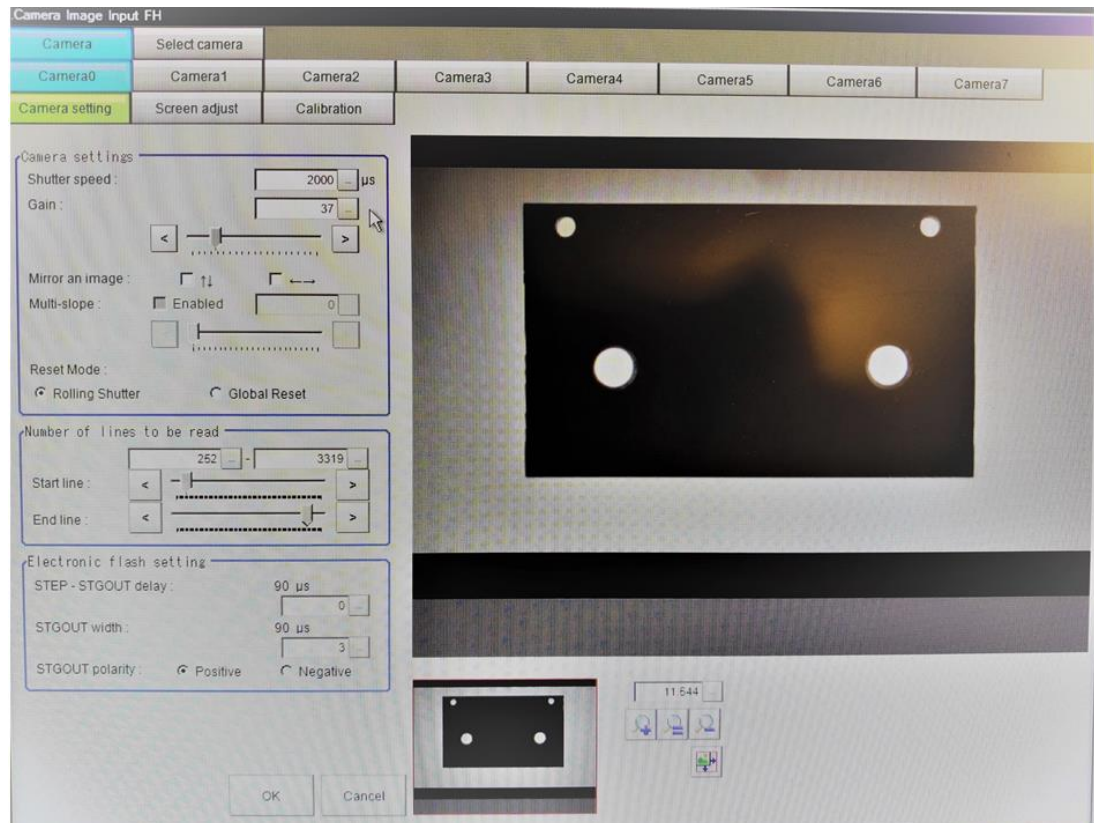


Kuva 32. Tehtävälistan määrittely.

Ensimmäisenä tehtävälistalla on käytössä oleva konenäkökamera, jonka säätöjä pääsee muuttamaan klikkaamalla kameran ikonia.

Shutter speed määrittelee ajan, jonka kameran suljin on auki. Esiasetus aika on 2000 us eli 0,002s. Aikaa ei kannata muuttaa ainakaan isommaksi. Gain-säädöllä voi lisätä kuvan kirkkautta. Arvoa voi lisätä varsinkin valaistuksen ollessa puutteellinen.

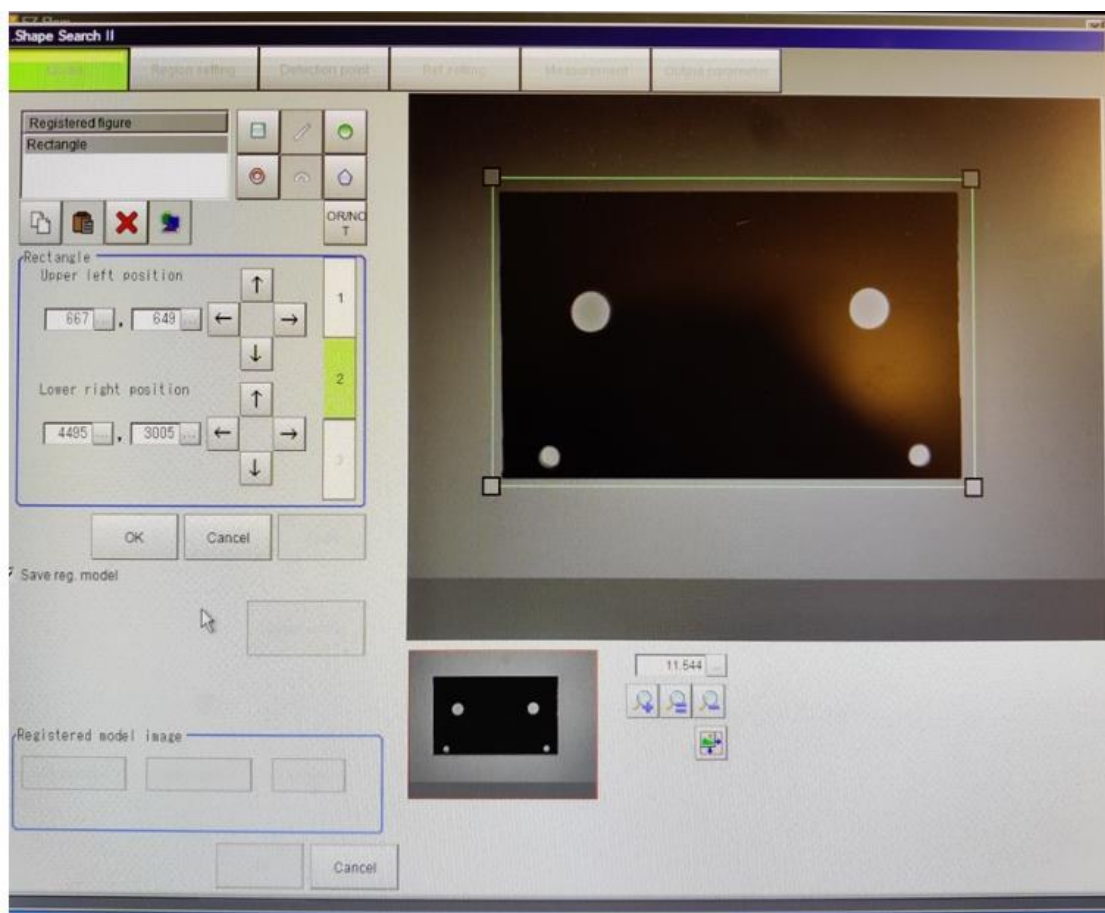
Mittausta voidaan nopeuttaa pienentämällä luettavien juovien määrää. Määrää voi säätää "Number of lines to be read"- valikosta. Säädöt vahvistetaan painamalla OK- valintaa.



Kuva 33. Kameran säädöt.

Kun kameran säädöt on tehty, määritellään tunnistustehtävä. Määrittelyyn pääsee klikkaamalla tehtävälistauksessa olevaa tehtävää.

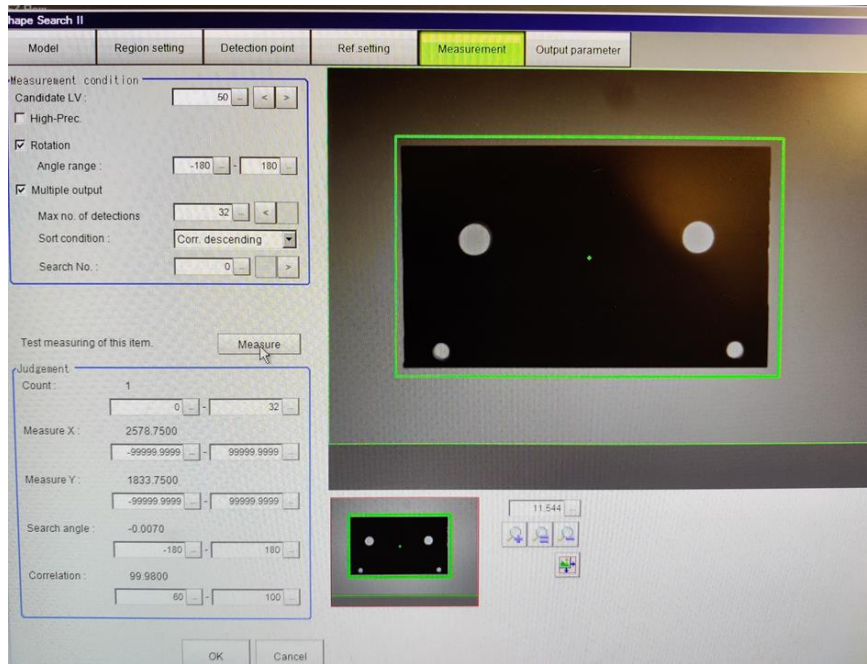
Tehtävän (Shape Search II) määrittely tapahtuu valitsemalla piirtovalikosta työkalu ja määrittelemällä kuva-alueelle haluttu tunnistusalue. Vasemmalla keskellä olevasta valikosta voi asettaa tunnistusalueen luvut pikseleissä. Kuvassa 34. oikealla näkyy metallilevy, joka halutaan tunnistaa. Malli kannattaa myös tallentaa valitsemalla "Save reg. model". Tehtävän määrittely vahvistetaan painamalla OK- valintaa.



Kuva 34. Tehtävän määrittely.

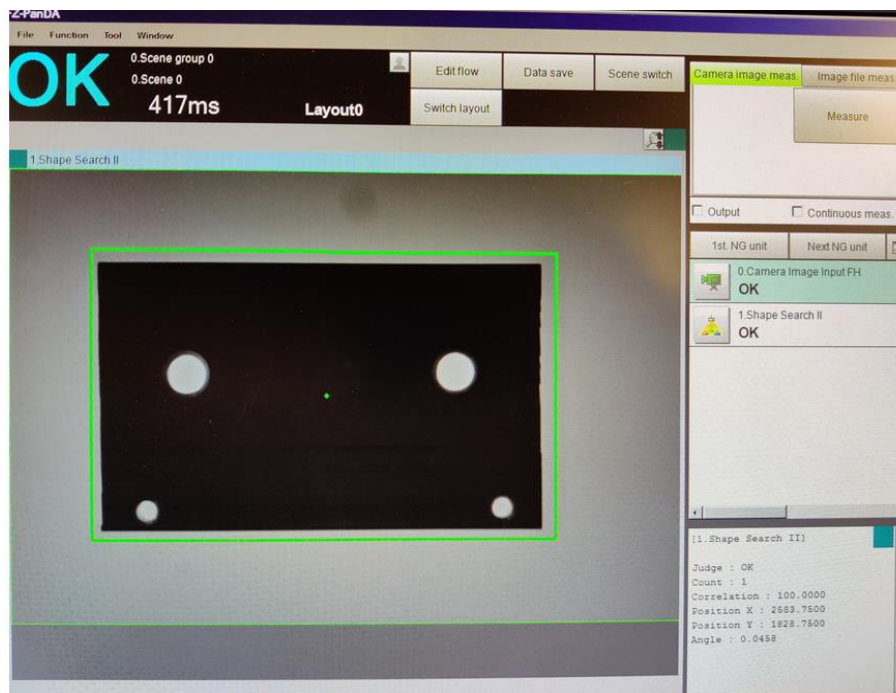
Määrittelyn voi tarkistaa valitsemalla Measurement - välilehden ja klikkaamalla "Measure"- toimintoa. Tehtävänmäärittys on onnistunut, jos valittu tunnistusalue näkyy ruudulla vihreänä. Jos tunnistus ei onnistu, tunnistusalue on punaisena.

Measurement – välilehdellä määritetään myös tunnistuksen tarkkuus prosentteina. Määrittys tehdään "Candidate LV" - valinnalla.



Kuva 35. Tehtävämäärittelyn tarkistus.

Varsinainen mittaus tapahtuu aloitusnäytöllä. Valitsemalla "Measure" järjestelmä tekee mittauksen ja antaa tuloksen "OK" tai "NG" (Not Good) riippuen siitä onnistuiko mittaus vai ei. Näytön oikeassa alakulmassa on mittauksen tarkempi tulos.



Kuva 36. Mittauksen suorittaminen.

5.2.3 Tunnistustehtävän lopputulos

Kappaleen tunnistus onnistui ilman ongelmia harjoituspöydällä käyttäen Omronin FH-järjestelmää sekä Omron FH-SM21R konenäkökameraa. Kappaletta voi siirtää kameran tunnistusalueella menettämättä tunnistusta. Tunnistusta kokeiltiin myös käyttämällä spottivaloja. Lopputulos oli sama kuin taustavalolla, vaikka spottivalot synnyttivät jonkin verran varjoja kappaleen molempiin sivuihin sekä heijastumia kappaleen pinnasta. Tehtävä toistettiin myös useammalla kappaleella onnistuneesti.

5.2.4 Kappaleen mittaus FH-järjestelmän avulla

Mittausta tehtäessä kameran pitää olla kalibroitu. Kalibroitavat vaihtelevat eri valmistajien välillä. Omronissa vaihtoehtoja on kolme, joista testauksessa käytettiin ”Parameter” kalibointia. Tätä tapaa voi käyttää, jos mitattavan kappaleen tarkka mitta tai mitat ovat ennakkoon tiedossa.

The screenshot shows the 'Calibration setting' window with three radio buttons: 'Specify point', 'Parameter' (selected), and 'Sampling'. Below this is the 'Parameter' section with three dropdown menus: 'Coordinate' set to 'Left hand', 'Origin' set to 'Upper left', and 'Magnification' set to '1.00000'. A 'Generate calibration parameters' button is at the bottom of this section. The 'Calibration parameter' section at the bottom displays the following values:

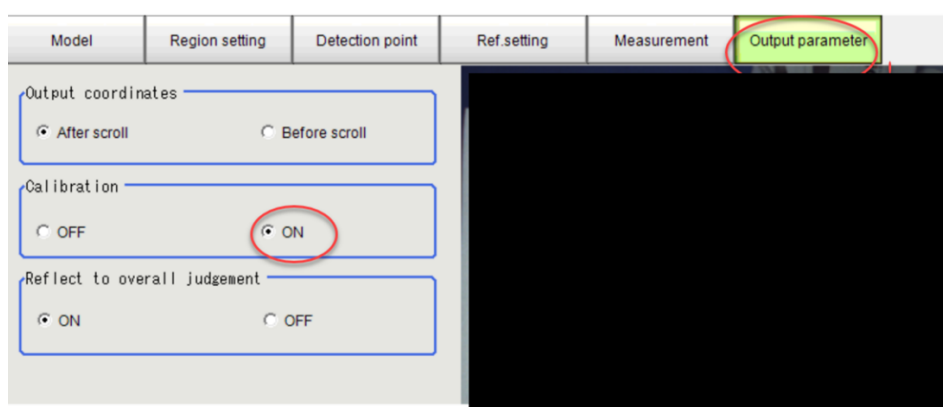
A:	1.000000	D:	0.000000
B:	0.000000	E:	1.000000
C:	0.000000	F:	0.000000
Field of view :	1.000000		

Kuva 37. Kameran kaibronti tiedossa olevien mittojen avulla.

Tässä kalibrointitavassa kappale mitataan ensin konenäöllä, josta mittaustulos saadaan pikseleinä. Kun tiedossa oleva mitta jaetaan saadulla pikselimäärällä saadaan tulokseksi kerroin, jota käytetään kohdassa "Magnification" .

"Coordinate"- asetus kertoo koordinaatiston suunnan ja "Origin"-asetus 0-pisteen sijainnin. Kun asetukset on tehty, luodaan kalibrointiparametrit klikkaamalla "Generate calibration parameters".

Kalibrointiparametrit otetaan käyttöön välilehdeltä Output Parameter -> Calibration-> ON.



Kuva 38. Kalibrointiasetusten käyttöönotto.

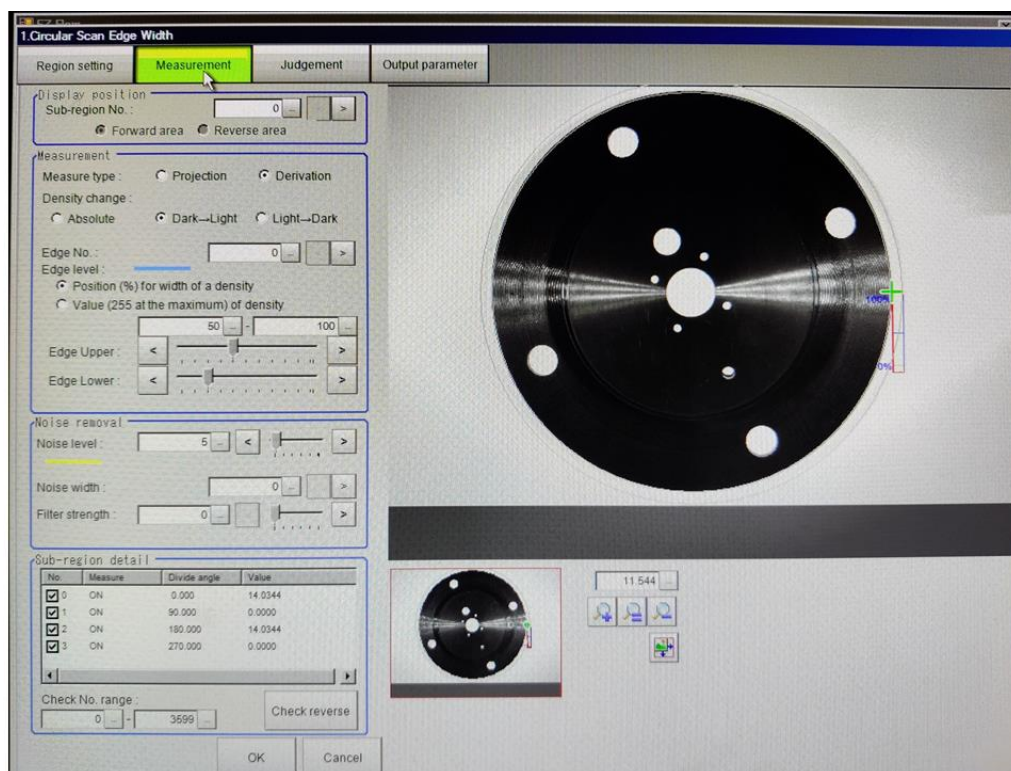
Mitattavaksi kappaleeksi valittiin lieriön muotoinen metallikappale, jonka uloimman pinnan halkaisija on 14 cm.



Kuva 39. Mitattava kappale.

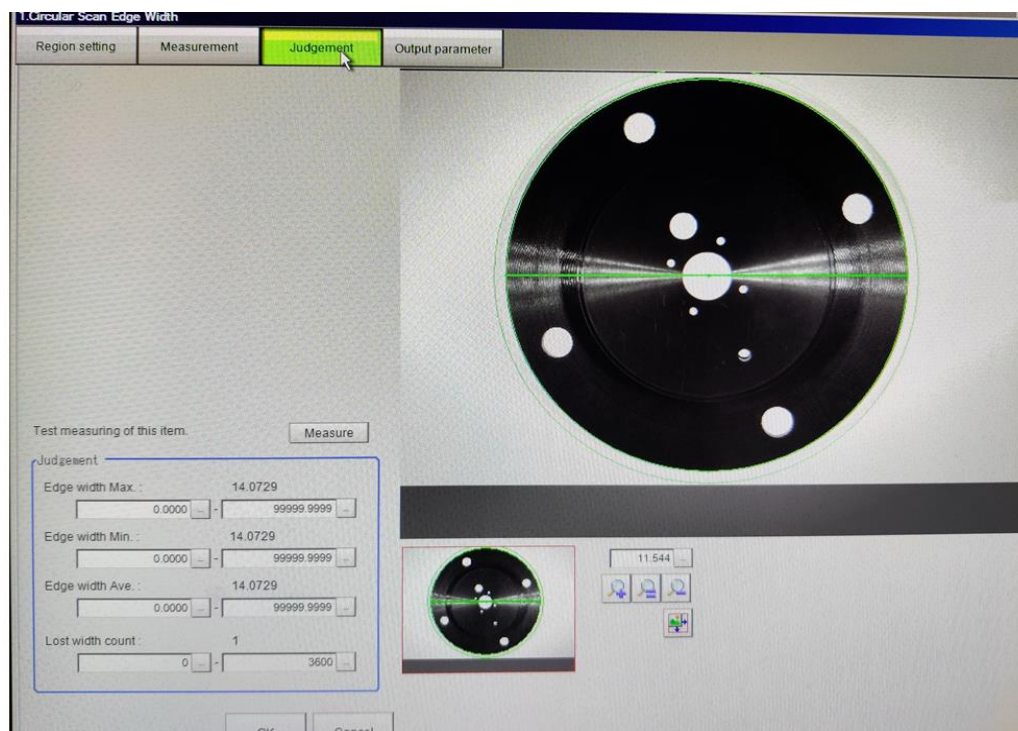
Kuassa 32. olevasta "Edit Flow"-näytöstä valittiin mittatyökaluksi Circular Scan Edge Width".

Measurement – näytössä määritellään miten kappale halutaan mitata. Mittaustavaksi valittiin "Derivation" ja mittaussuunnaksi Dark-Light. Noise removal -valikon asetuksilla voi vaikuttaa kohinan aiheuttamaan mittausrvirheeseen.



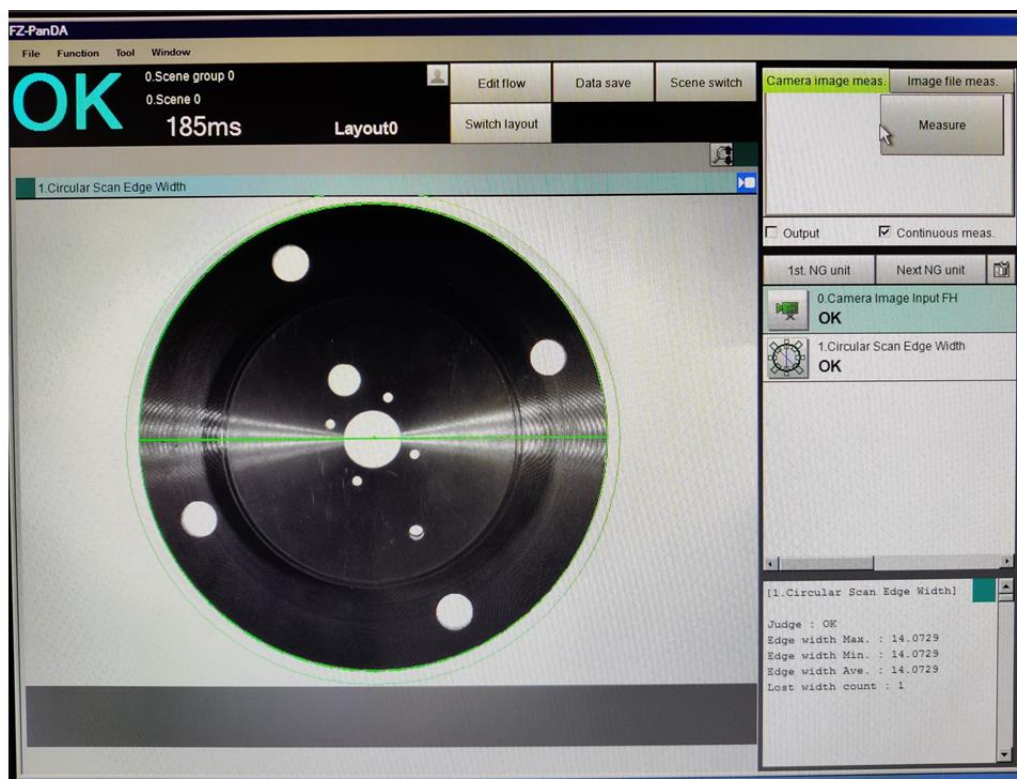
Kuva 40. Mittaustehtävän asetusvalikko.

"Judgement"-näytöllä voidaan tarkistaa mittausmäärittely valitsemalla "Measure".



Kuva 41. Mittaustehtävän tarkistus.

Mittaus suoritetaan avausnäytöllä samalla tavalla kuin tunnistustehtävässä. Mittaustulos näkyy näytön oikeassa alakulmassa.



Kuva 42. Mittauksen suorittaminen.

Kappaleen halkaisijaksi konenäkö ilmoittaa 14,0729 cm, joka on 0,73 mm isompi kuin etukäteen mitattu tulos. Alle 1 mm heitto voi tulla siitä, että lieriön alin pinta on 50 mm korkea, joka aiheuttaa pienen varjon kuvaan.

5.2.5 Mittaustehtävän lopputulos

Myös kappaleen mittaus onnistui harjoitusympäristössä ongelmitta. Tarkkaa mittausta tehtäessä on tärkeää minimoida ylimääräiset varjot oikeanlaisella valaistuksella sekä asettaa mittaus mahdollisimman tarkasti mitattavan pinnan kohdalle. Zoom on kätevä työkalu tähän tarkoitukseen. Valaistuksena mittauksessa käytettiin taustavaloa. Myös sivuvaloja kokeiltiin, mutta niillä heijatuksset ja varjostukset aiheuttivat ongelmia mittausalueen määrittämisessä.

6 TYÖN TULOKSET

6.1 Vaatimusten toteutuminen

Määriteltäessä opinnäytetyön laajuutta, konenäkötekniikan harjoitusympäristön vaatimuksiksi asetettiin mahdollisuus testata erilaisia konenäkökameroita, testata erilaisten valaistusvaihtoehtojen vaikutusta mittaustuloksiin, mahdollistaa helppo ja nopea asentaminen sekä auttaa ymmärtämään, mitkä asiat vaikuttavat konenäköjärjestelmien toimintaan.

Konenäkökameran vaihtaminen onnistuu helposti, koska kiinnitys on kaikissa kameroissa sama. Järjestelmän kokoonpano vaihtelee riippuen kameran valmistajasta, mutta se ei ole esteenä harjoituspisteen käyttämiseen. Valaistusvaihtoehtoja harjoitusympäristössä on tällä hetkellä kaksi, taustavalo ja sivuilla olevat spottivalot. Jo näillä kahdella vaihtoehdolla saa hyvin esille valaistuksen vaikutuksen mittaustulokseen. Valaistusvaihtoehtojen lisääminen ympäristöön on myös täysin mahdollista.

Erilaisten konenäköjärjestelmien helppo asentaminen harjoitusympäristöön oli koko opinnäytetyön perimmäinen idea. Koska konenäköjärjestelmä koostuu kuvan muodostuksesta (kamera, linssi, valaistus) sekä kuvan käsittelystä ja ohjausjärjestelmästä (tietokone, ohjelmisto), osa järjestelmästä pysyy samana ja osa muuttuu. Harjoitusympäristössä on valmiina kameran kiinnityspiste, valaistus sekä pistorasiayksikkö, joten vaihto järjestelmästä toiseen onnistuu nopeasti ja helposti.

Vaatus konenäköjärjestelmien toimintaan vaikuttavien asioiden ymmärtämisestä on melko laaja-alainen. Vaatus liittyy enemmän itse konenäköjärjestelmän käyttöön kuin esimerkiksi asennukseen. Harjoitusympäristö mahdollistaa kameran korkeuden portaattoman säädön, sivuvalojen korkeuden ja paikan säädön sekä nopean asennuksen. Konenäköjärjestelmän toimivuuteen vaikuttavat lisäksi kameran ominaisuudet sekä ohjausjärjestelmän käyttö. Harjoitusympäristön voidaan todeta auttavan konenäköön liittyvien asioiden ymmärtämisessä ainakin osittain.

6.2 Testaaminen

Harjoitusympäristö testattiin Omron FH-järjestelmällä sekä Omron FH-SM21R monochrome 20.4 MPixels konenäkökameralla. Järjestelmällä testattiin kappaleiden ja muotojen tunnistamista sekä mittaamista. Testaamisen yhteydessä tuli hyvin esille kameran säätöjen (etäisyys kappaleesta, focus) sekä valaistuksen tärkeys mittausten onnistumisessa. Mittausohjelmiston käyttäminen onnistui käyttöohjeisiin tutustumalla. Lyhyen harjoittelun jälkeen mittaukset alkoivat tuottaa tulosta. Harjoitusympäristöä ja siihen asennettua järjestelmää ovat testanneet myös muut opiskelijat ja saamani palaute sen toiminnasta on ollut pääosin positiivista.

Harjoitusympäristössä on myös tutkittu ulkopuolisen yrityksen toimeksiannosta erilaisten kangasmateriaalien tunnistamista konenäön avulla. Testissä käytetyn kameran resoluutio (20.4 MPixels) riitti hyvin erilaisten kangaskudosten tunnistamiseen, mutta tunnistaminen luonnollisesti vaati kankaan olevan sileänä kameran alla, jotta tunnistaminen onnistuisi. Harjoitusympäristön toimivuus tuli esille siinä, että kankaiden tutkiminen voitiin aloittaa suoraan ilman massivista testausympäristön rakentamista.

6.3 Jatkokehitys

Harjoitusympäristöön on mahdollisuus melko helposti lisätä erilaisia valaistusvaihtoehtoja. Hyviä lisävalaistusehtoja ovat esimerkiksi diffusiovalaisin ja rengasvalaisin.

Lisää mielenkiintoa testaamiseen voisi tuoda pienikokoinen tuotantolinja. Erityisesti tunnistamisessa olisi hyödyllistä, jos samanlaiset ja myös poikkeavat kappaleet kulkisivat kameran ohi, jolloin tuloksessa näkyisi hyväksytyt ja hylätyt kappaleet. Myös tunnistamisen nopeutta voisi testata, jos linjan nopeus olisi säätettävissä.

Testauksessa käytettyä Omron FH-järjestelmän käyttöä voi myös laajentaa. FH-2050:ssa on liitäntä kahdelle kameralle ja se on liitettävissä EtherNet /EtherCat verkkoon. Teollisuudessa konenäköjärjestelmä on aina osa isompaa järjestelmää, johon liittyy esimerkiksi etäohjaus ja seuranta, antureita tai muita toimilaitteita.

LÄHTEET

Tapaninen, T. 2018, Ecraft blog. [Viitattu 10.3.2020].

<https://www.ecraft.com/fin/blog/2018/5/8/konenako-saapuu-kaikille-toimialoille-paljon-hyotyja-ja-yksi-kysymysmerkki>

Seinäjoen Ammattikorkeakoulu 2016. [Viitattu 10.3.2020].

<https://docplayer.fi/37872992-Konenako-teknologiademot-on-the-road.html>

Cognex Corporation. 2020. [Viitattu 10.3.2020].

<https://www.cognex.com/what-is/machine-vision/benefits>

Vision Doctor. 2020. [Viitattu 14.3.2020].

<https://www.vision-doctor.com/en/systems.html>

Vision Doctor. 2020. [Viitattu 15.3.2020].

<https://www.vision-doctor.com/en/selecting-the-perfect-lighting.html>

Vision Doctor. 2020. [Viitattu 17.3.2020].

<https://www.vision-doctor.com/en/influence-of-the-test-object/surface-geometry.html>

Hong, H, Cheng, F., Zhou, M. Article 12/2016 International Agricultural Engineering Journal December 2016 /- Detection of melanotic cooked shrimp using computer vision. [Viitattu 10.3.2020].

https://www.researchgate.net/publication/311668135_Detection_of_melanotic_cooked_shrimp_using_computer_vision

Sick Oy. [Viitattu 15.3.2020].

<https://www.sick.com/fi/en/machine-vision/2d-machine-vision/c/g114859>

Satakunnan Ammattikorkeakoulun Automaation tutkimusryhmä. [Viitattu 17.3.2020].

<https://automaatio.samk.fi/testi-sivu/perinteiset-konenakojarjestelmat/viivakamerakuvaus/>

Canon USA Inc. [Viitattu 12.3.2020].

<https://canon-cmos-sensors.com/cmos-sensors/>

Adler, D. 2017 B & H Photo Electronics Corp. [Viitattu 14.3.2020].

<https://www.bhphotovideo.com/explora/video/tips-and-solutions/rolling-shutter-versus-global-shutter>

Siersbæk, P. Bonnier Publications International AS. [Viitattu 14.3.2020].

<https://digi-kuva.fi/valokuvaustekniikka/tata-tarkoittavat-objektiivin-aukkoarvot>

Carr, D. 2017. Shutter Muse. [Viitattu 14.3.2020].

<https://shuttermuse.com/angle-of-view-vs-field-of-view-fov-aov/>

Berkenfeld, D., Black, D., Corrado, Mike., Silverman, L. 2013. Nikon Imaging USA. [Viitattu 14.3.2020].

<https://www.nikonusa.com/en/learn-and-explore/a/tips-and-techniques/understanding-focal-length.html>

Opetushallitus/ Etäopetuksen oppimateriaali. [Viitattu 15.3.2020].

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/konenako/index.html>

CCS Inc. [Viitattu 20.3.2020].

<https://www.ccs-grp.com/guide/imaging/view.html>

Nexus Automech. [Viitattu 20.3.2020].

<http://www.nexusautomech.com/product-category/banner-engineering-corp/>

Blue Mango Technology. [Viitattu 20.3.2020].

<https://bluemangotechnology.com/swir-led-dome-lights/>

Stemmer Imaging. [Viitattu 22.3.2020].

<https://www.stemmer-imaging.com/en-fi/knowledge-base/dark-field-illumination/>

Lambda[Viitattu 22.3.2020].

<https://www.lambdaphoto.co.uk/sax3-4276.html>

Vision Consultancy. [Viitattu 22.3.2020].

<https://www.machine-vision-shop.nl/tms-lite/backlight-illumination/bhs-series/bhs4-00-90-x-x>

Dechow, D. 2020. Quality Magazine.

<https://www.qualitymag.com/articles/96061-machine-vision-software-whats-under-the-hood>

Turun Ammattikorkeakoulu

Konenäkötekniikan harjoitusympäristön pikakäyttöohje Omron FH setup

TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

TERO NAUMI

FH SETUP PIKAKÄYTTÖOHJE

18.12.2019

TÄMÄN PIKA-OHJEEN AVULLA PÄÄSET TUTUSTUMAAN OMRONIN FH JÄRJESTELMÄÄN. TÄMÄN LISÄKSI TARVITSET OMRON FH SERIES PROCESSING ITEM FUNCTION REFERENCE MANUAL DOKUMENTIN, JONKA LÖYDÄT OMRONIN SIVUILTA OSOITTEESTA:

[HTTPS://ASSETS.OMRON.EU/DOWNLOADS/MANUAL/EN/V3/FH_SERIES_PROCESSING_ITEM_FUNCTION_REFERENCE_MANUAL](https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v3/fh_series_processing_item_function_reference_manual)

1. JOHDANTO

Konenäkötekniikan harjoitusympäristössä on mahdollista testata, miten konenäköjärjestelmä toimii. Harjoitusympäristössä voi testata myös erilaisia konenäkökameroita, mutta asennettuna siinä on Omronin FH setup, johon kuuluu FH-2050 kontrolleri ja sen S8VK jännitelähde. Kontrolleriin on kytkettynä Omron FH-SM21R CMOS 20.4 MPixelin mustavalko kamera, johon on asennettuna 3Z4S-LE korkearesoluutioinen objektiivi. Lisäksi järjestelmän käyttämiseen tarvitaan näyttö, jossa on DVI-C liitäntä sekä USB hiiri. Kun kontrolleri käynnistetään, niin se lataa automaattisesti FH Launcher (nimi FZ Panda) ohjelman, jonka avulla kameran toimintoja ohjataan.

Valaistus on olennainen osa konenäköjärjestelmää. Harjoitusympäristössä voit testata erilaisia valaistusvaihtoehtoja ja niiden vaikutusta kappaleiden tunnistukseen tai mittaukseen.

Harjoitusympäristössä voi säätää kameran korkeutta sekä valojen paikkaa ja korkeutta. Kameran korkeus vaikuttaa kuva-alueen kokoon. Valojen säätämisessä kannattaa miettiä ensin mitä mittausta on tekemässä. Tärkeintä on saada mitausalueen valaistus sellaiseksi, missä ei näy häiritseviä varjoja ja heijastukset ovat hallinnassa. Jos valaistus on heikko, niin sitä voi yrittää parantaa säätämällä kameran vahvistusta (Gain). Kun olet säätänyt kameran korkeuden, säädä sen jälkeen kuvan focus kamerassa olevalla säädöllä.

2. HARJOITUSYMPÄRISTÖN LAITTEET

Omronin FH setup koostuu kontrollerista, jännitelähteestä, konenäkökamerasta, näytöstä, hiirestä sekä kytkemiseen tarvittavista kaapeleista. Tässä osiossa käydään läpi jokainen laite erikseen.

2.1 Omron FH-2050 kontrolleri ja jännitelähde S8VK

FH-2050 on FH-järjestelmän ydin. Se toimii kuten normaali teollisuus PC ja siitä löytyy kytkennät kahdelle kameralle, järjestelmästä ohjattaville valoille, näytölle, kaksi USB liitäntää hiirelle ja muistille sekä mm. kytkentä Ethernet verkkoon. Harjoitusasteessa keskitytään konenäköjärjestelmän toimintaan eikä se ole kytkettynä verkkoon.



Kuva 43. Omron FH-2050.

FH-2050:ssa ei ole virtakytkintä eli se käynnistyy, kun jännitelähteen verkkojohto kytketään sähköverkkoon.

Tarkista seuraavat asiat ennen käynnistystä:

- Sähkökaapeli on kunnolla kiinni jännitelähteessä
- Jännitelähteen 24 V:n lähtö on kunnolla kytkettynä kontrolleriin
- Kamera on kytkettynä kontrollerin kameraliitântään (Input 0)
- Näyttö on kytkettynä kontrollerin DVI-C liittimeen
- Kameran linssin suojusta on poistettu

Kun tarkistukset on tehty, voit kytkeä verkkojohdon sähköverkkoon. Käynnistäessä tarkista:

- Jännitelähteessä ja kontrollerissa palaa vihreä valo
- FZ PanDa- ohjelma käynnistyy näytölle

2.1.1 Jännitelähde Omron S8VK-S12024

Jännitelähteestä löytyy 24 V:n ulostulon hienosäätö (ei tarvetta säätää, jos vihreä valo palaa). Kuvassa näkyvät liitännät sekä molemmissa laitteissa palava vihreä valo.



Kuva 44. FH-2050 kytkettynä.

2.2 Omron FH-SM21R kamera

FH-SM21R on nopea 20.4 Mpixelin CMOS kennolla varustettu mustavalko kone-näkökamera. Kameran linssi on Omronin VS-LLD sarjasta, jonka resoluutio on myös 20.4 MPixeliä.



Kuvassa FH-SM21R, jossa kiinnitettynä 3Z4D-LE VS-LLD25 linssi. Focuksen säätö tapahtuu linssissä olevaa rengasta kiertämällä. Kamerassa on kaksi kanavaa, joista ensisijaisesti käytetään kanavaa 1 (CH 1). Kameraan so-piva kaapeli on Omronin oma kaapeli.

Huom.! Muista poistaa linssin suojuus, ennen kuin käynnis-tät FH-järjestelmän.

Kameran focuksen säätö

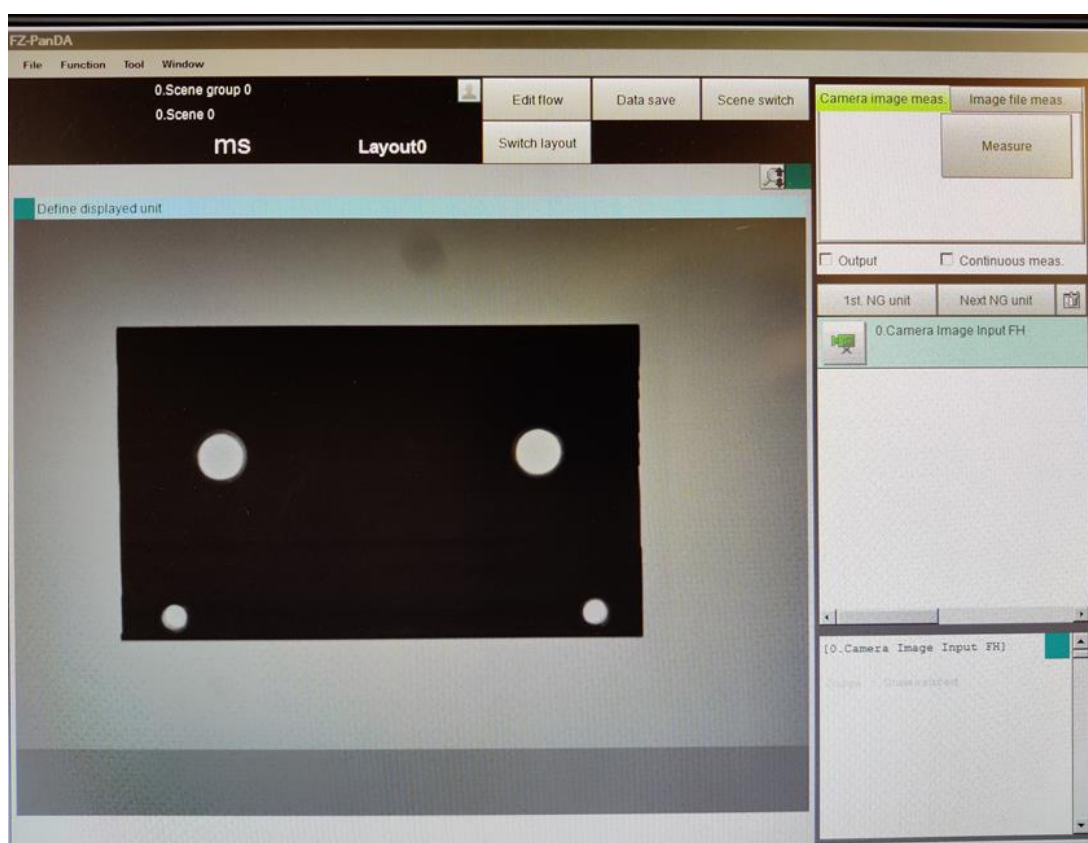
Kuva 45. Omron FH-SM21R konennäkökamera

3.FZ PANDA OHJELMAN KÄYTTÖ

Käyttöliittymä käynnistyy automaattisesti, kun FH-2050 käynnistetään. Jos laitteeseen on palautettu tehdasasetukset, niin ohjelma avaa ensin kielivalinnan ennen varsinaisen ohjelman avaamista.

Ohjelma avautuu näkymään, mistä näkyy tunnistettava kappale vasemmalla. Yläpuolella olevasta valikosta pääsee tekemään tehtävälistan (Edit flow). Oikeassa laidassa ylhäällä on mittauksen käynnistys (Measure) sekä valinta mikä kuva on referenssi mittaukselle (sen voi ladata myös muistista). Tämän valikon alapuolella on valinta jatkuvalle mittaukselle (continuous meas.). Output valinta ohjaa tulokset ulkoiselle levyille, jos sellainen on määritetty.

Keskellä oikealla oleva valikko näyttää tehtävälistan sekä kertoo käytettävän kameras. Klikkaamalla kameraa pääsee näyttöön, jossa voi tehdä kamerasäädöt.



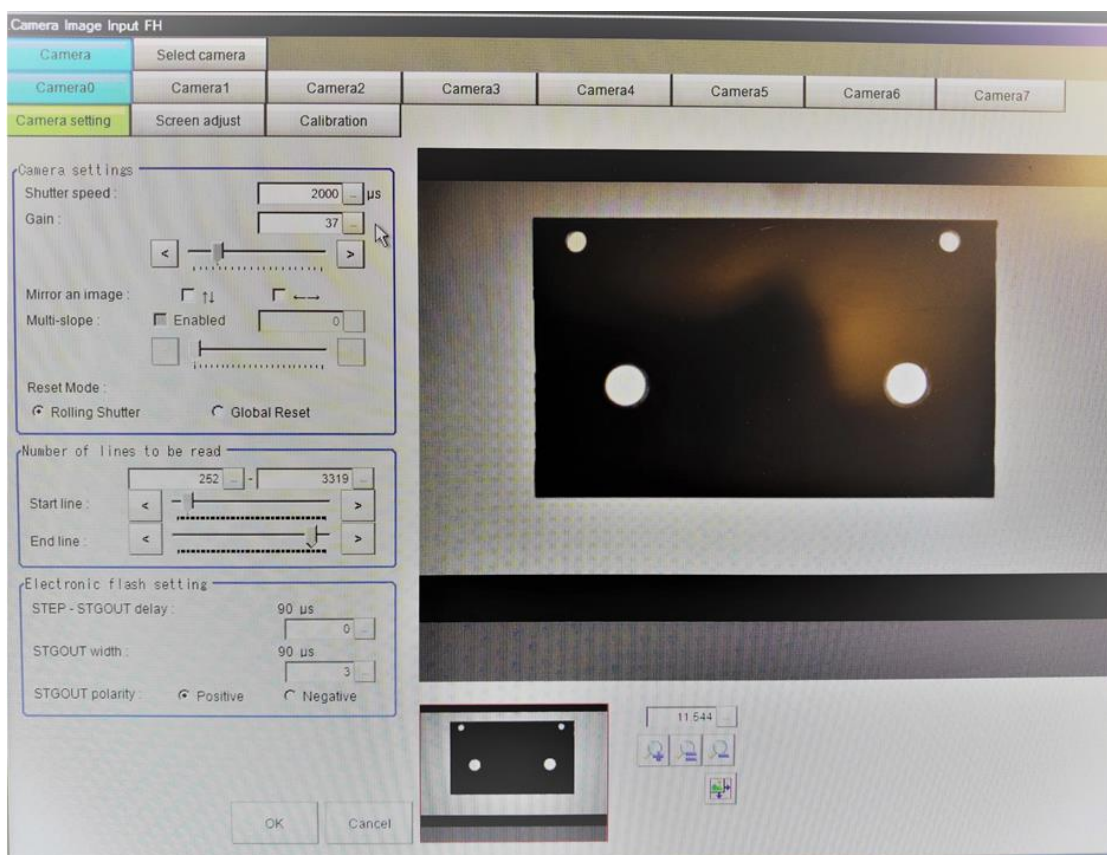
Kuva 46. Ohjelman avausnäyttö.

Kun kohde on tarkka (tunnistettavat piirteet ovat terävät ja kuvassa ei ole varjoja), tallenna kuva painamalla "Capture" (ruudun oikeassa alakulmassa):



Kuva 47. Capture valikko.

Kameran säätövalikosta löytyy Camera setting valikko, josta pystyy säätämään sulkimen nopeutta (normaali 2000 micros) ja vahvistusta (Gain). Tätä säätämällä saa mitattava kappaleen piirteet paremmin näkyviin valaistuksen ollessa puutteellinen. Toinen tärkeä säätö on "Number of lines to be read". Sillä määritetään luettavien rivien määrä, pienentämällä rivien määrää nopeutuu mittaus.

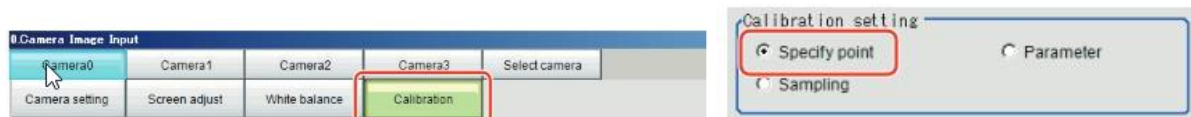


Kuva 48. Kameran säädöt

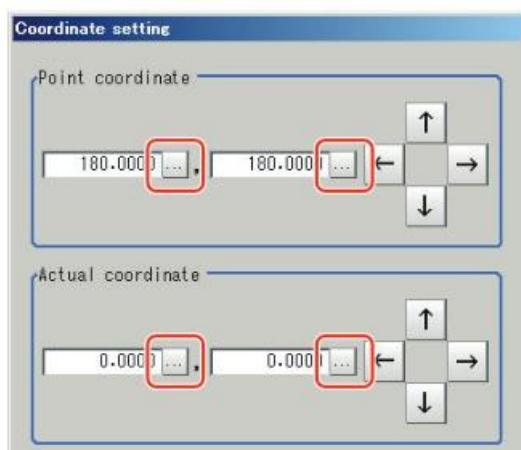
3.1 Kameran kalibrointi

Kameran kalibrointia tarvitset, kun teet kappaleiden mittauksia. Helpoin tapa kalibroida on valita ensin kappale, josta on helppo ottaa mitat, esim. neliön tai suorakaiteen muotoinen kappale.

Kun kuva on selkeä, valitse "Calibration" ja "Specify point":

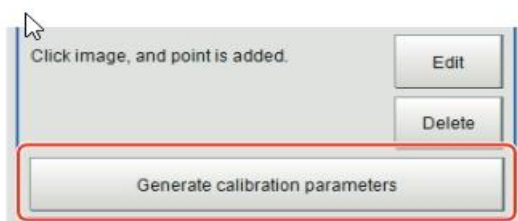


Seuraavaksi valitse yksi kulmapiste kappaleesta ja saat vahvistuksen valinnasta:



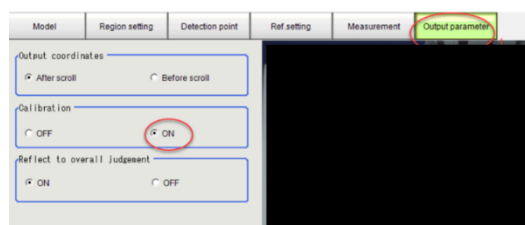
Valitse vielä toinen ja kolmas piste, jos kappale ei ole neliö. Neliössä kaksi pistettä riittää.

Lopuksi luo kalibraatio parametrit:



Tärkeää!

Luodut parametrit otetaan käyttöön Edit flowssa valitun mittauksen "Output parameter" valikosta:



Toinen tapa:

Jos kappaleen mitta tai mitat ovat tiedossa, voit käyttää kalibrointiin "Parameter" valintaa:

Calibration setting

☐ Specify point ☒ Parameter ☐ Sampling

Parameter

Coordinate:

Origin:

Magnification:

Calibration parameter

A:	1.000000	D:	0.000000
B:	0.000000	E:	1.000000
C:	0.000000	F:	0.000000
Field of view:	1.000000		

Left-handed

Right-handed

Coordinate kertoo koordinaatiston suunnan.

nan.

Origin kertoo missä koordinaatisto on ruudulla.

Magnifaction kertoo kertoimen, jolla mitatut pixelit kerrotaan.

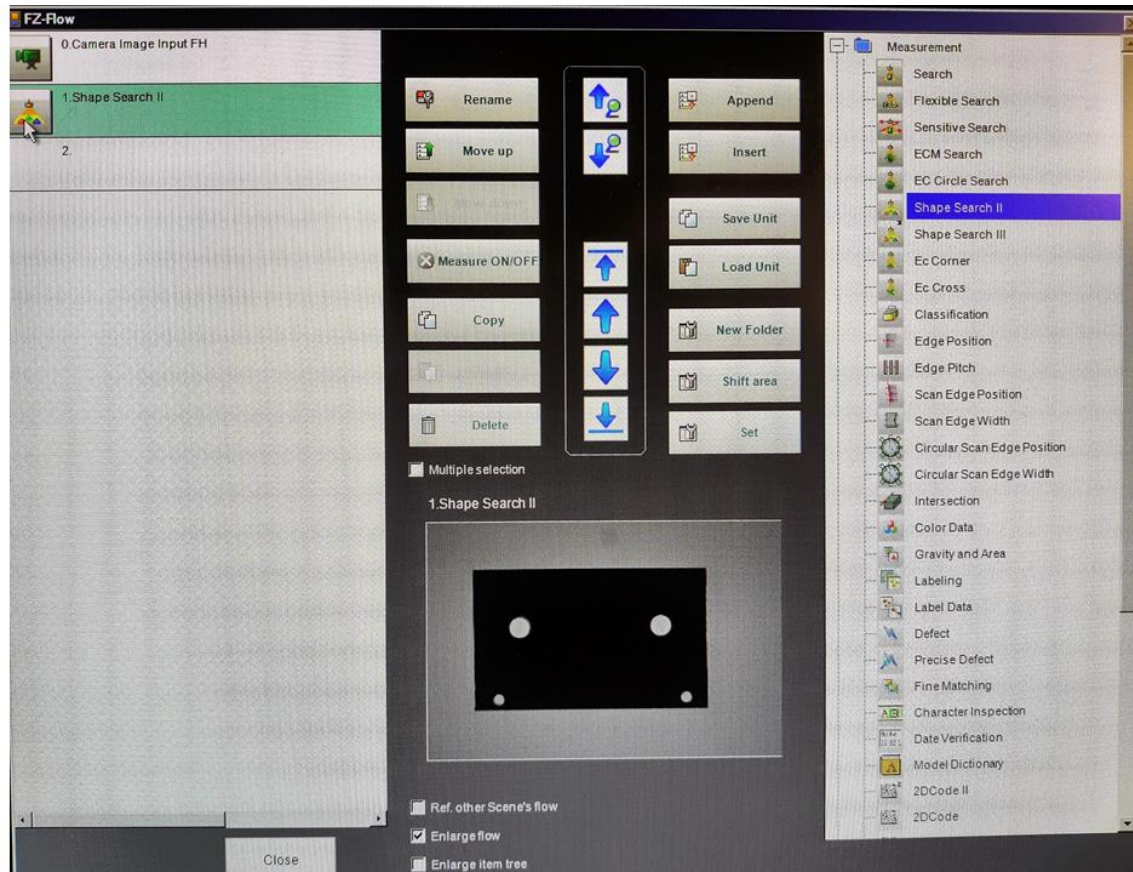
Mittaa ensi kappale konenäöllä (jokin suunta). Mittaustulokseksi saat mitan pikeleinä. Jaa kappaleen todellinen mitta mitatulla pixelimäärällä ja saat kertoimen, jonka voit syöttää "Magnification" luvuksi. Jatkossa mittaustulos näkyy sentteinä ja millinä.

Lopuksi luo parametrit valitsemalla "Generate calibration parameters":

Saat parametrit käyttöön samalla tavalla kuin edellä (Output parameter->Calibration On).

3.2 Edit flow - näkymä

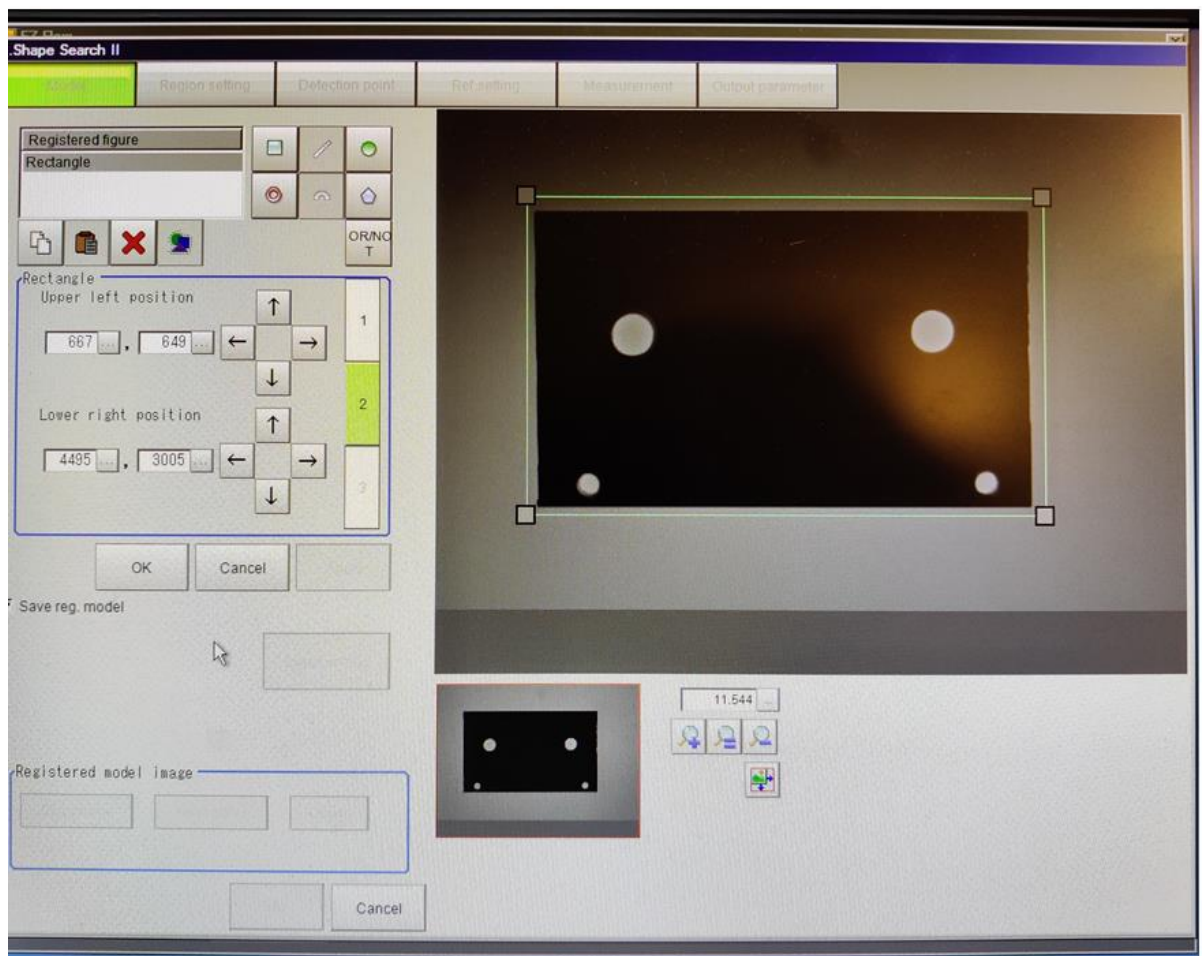
Edit flow näkymässä voit määritellä kappaleelle tehtävät mittaukset. Valinta tapahtuu valitsemalla ensin mittaus ja painamalla sen jälkeen "Append". Valitut mittaukset siirtyvät tehtälistään (engl. Scene), joka näkyy valikon vasemmassa reunassa. Kameran pitää olla aina listan ensimmäisenä.



Kuva 49. Edit Flow - näkymä.

Mittauksen voit poistaa listasta valitsemalla ensin mittauksen listasta ja painamalla "Delete". Mittauksen voi nimetä tehtävän mukaan valitsemalla "Rename".

Halutun mittauksen pääset määrittelemään klikkaamalla tehtävälistauksessa olevaa mittausta. Kuvassa "Shape Search II" - tehtävän määrittely.



Kuva 50. Tehtävän mittauksen määrittely.

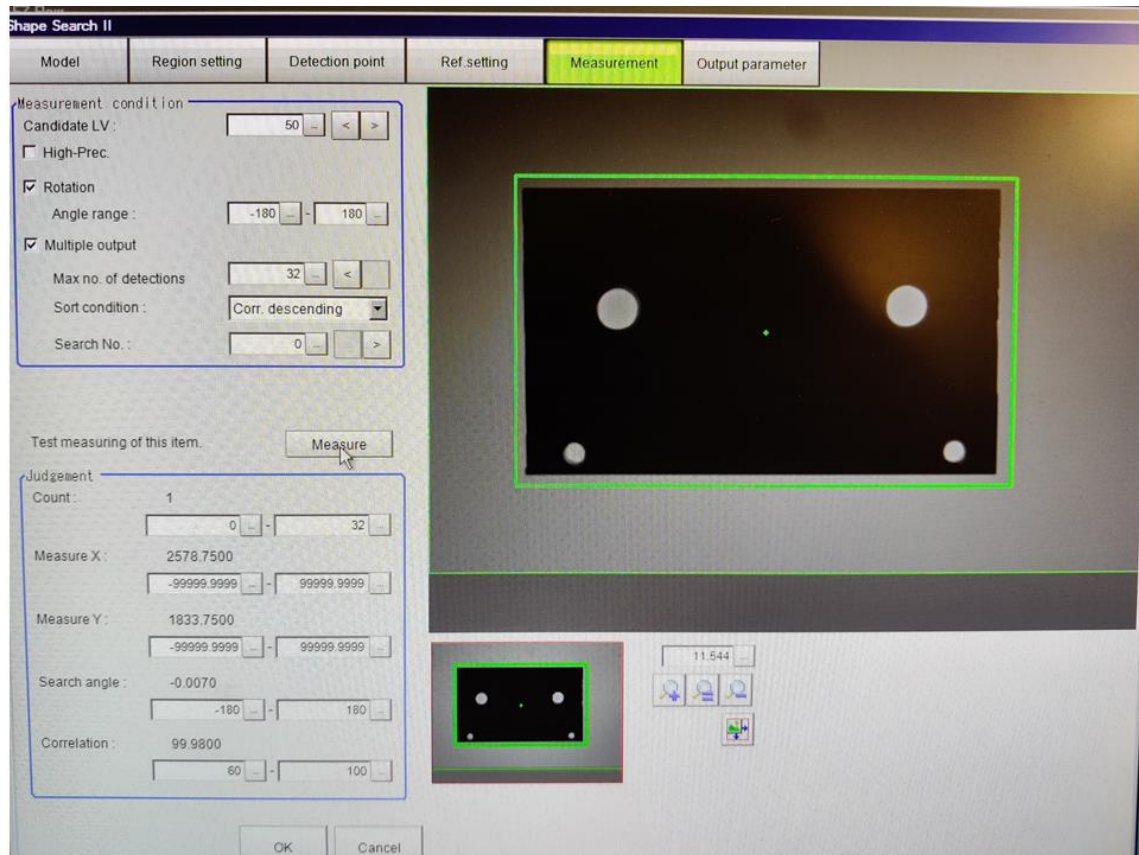
Tunnistustehtävässä valitse ensin piirrostyökalu ja määrittele sen jälkeen kuva-alueelle mitä tunnistetaan. Mittauksissa mitattava alue merkitään mahdollisimman tarkasti oikean mitan saamiseksi.

Tutustu eri mittaustapoihin ohjeessa:

Omron FH series

Processing Item Function Reference Manual

Määrittelyt tehtyäsi voit testata onko tekemäsi määrittely sellainen kuin piti valittamalla ”Measurement” – näkymästä ”Measure”.



Kuva 51. Tehtävän tarkistaminen.

Huom. Ylävalikko vaihtelee jonkin verran riippuen valitusta tehtävästä. Toiminnot ovat kuitenkin lähes samat. Esimerkkinä Measurement/Judgement.

Yllä olevassa kuvassa näkyvä valinta ”Measurement condition”, josta määritellään miten tarkkaan asetetun hyväksyntäraja. Asetus annetaan prosentteina kohtaan. ”Candidate LV”.

Muut asetukset:

Rotation: Kulma missä tunnistus hyväksytään

Multiple output: kappalemäärä montako kappaletta hyväksytään tunnistusalueella.

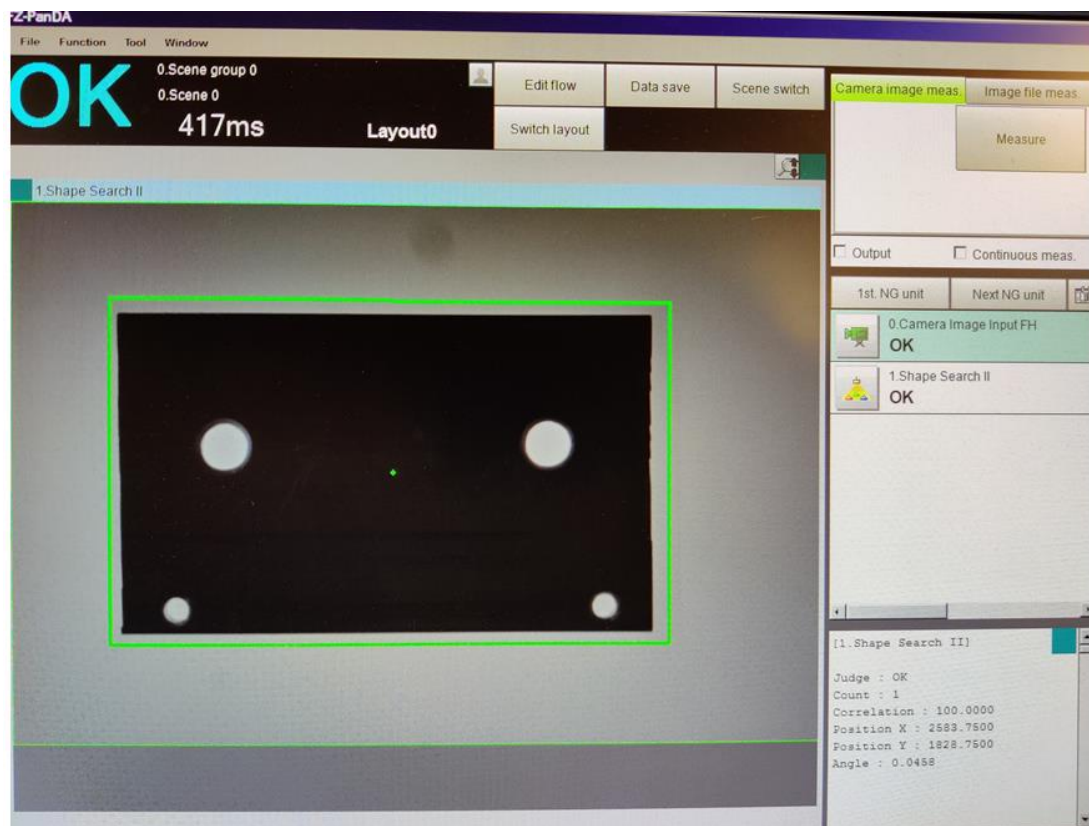
3.3 Mittaus

Kun olet määritellyt tehtävät mittaukset, palaa sen jälkeen takaisin päävalikkoon.

Käynnistä mittaus valitsemalla "Measure". Mittaustulos sekä mittaukseen käytetty aika näkyvät (OK, 417 ms) valikon vasemmassa yläreunassa. Jos valitset jatkuvan mittauksen, voit pysäyttää sen klikkaamalla "Stop continuous meas." ruutua.

Keskellä oikealla on näkymä, josta näet tehtävälisan sekä viimeisimmän mittaus-tuloksen/mittausmenetelmä. Alareunassa oleva ruutu kertoo tarkemman tuloksen. Esim. kuvassa järjestelmä on tunnistanut yhden kappaleen (Count 1), joka on mitta-alueella. Ruudulla näkyvän tuloksen voi muuttaa klikkaamalla vihreää ruutua ja valitsemalla avautuvasta valikosta ruudussa näkyvä mittausmenetelmä. Kuvassa on valittuna "Shape Sheach II".

Klikkaamalla vihreätä ruutua Ruudun vasemmassa ylälaidassa saat esiin valikon, josta voit valita mitä kuva-alueella näytetään.



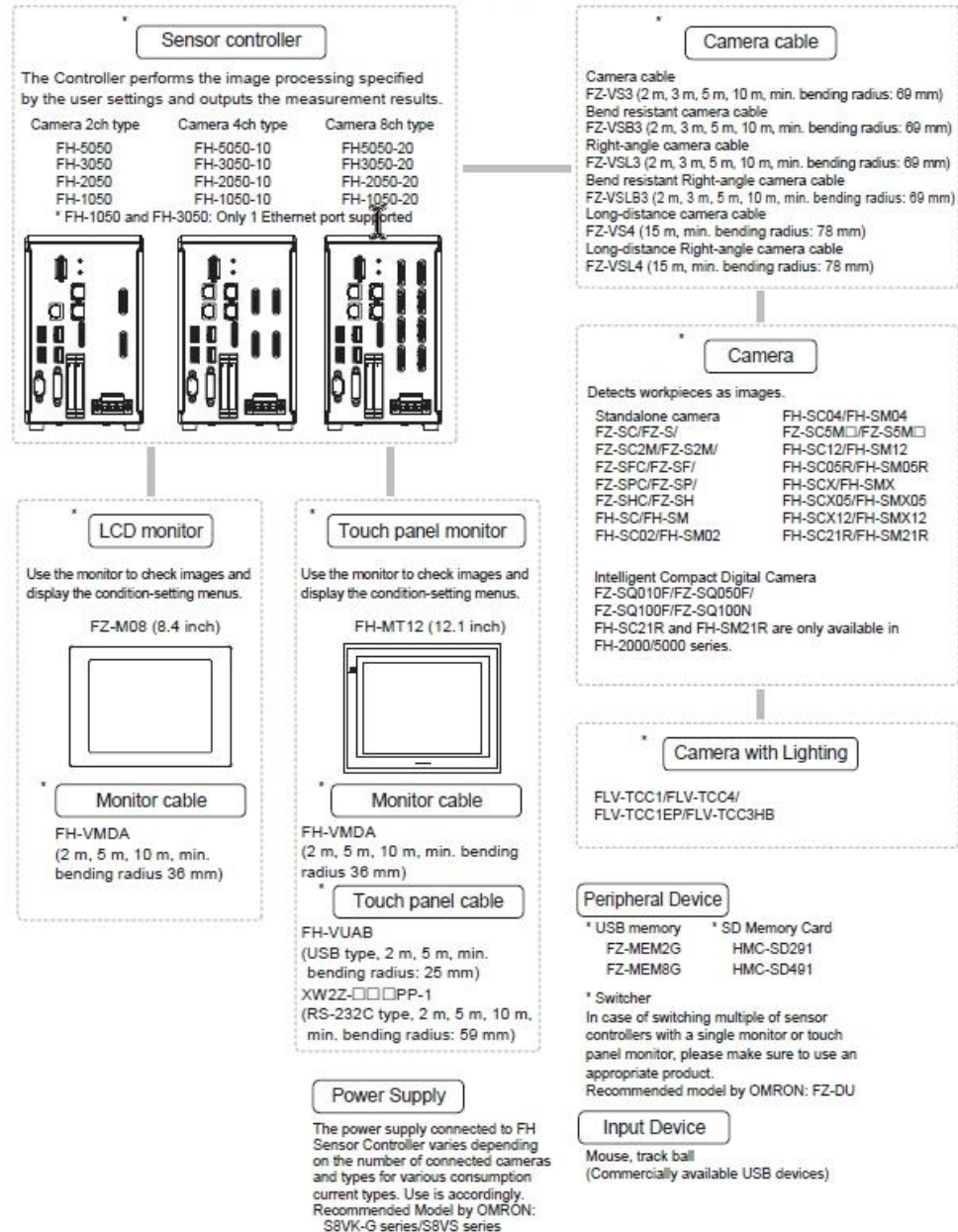
Kuva 52. Mittauksen suorittaminen.

4. LISÄINFORMAATIOA

Havaintokuva liitännöistä:

2-2-1 FH-1000/2000/3000/5000 Series

* Items indicated with an asterisk are dedicated items, and cannot be substituted.



Jännitelähteen spesifikaatio:

1. Power Ratings

060: 60 W
120: 120 W

2. Output voltage

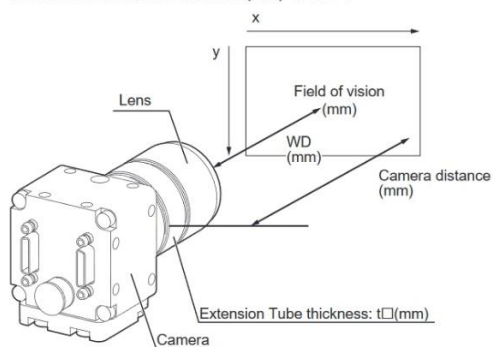
24: 24 V

Power ratings	Rated input voltage	Rated output voltage	Rated output current	Maximum boost current	Model number
60 W	100 to 240 VAC (allowable range: 85 to 264 VAC or 90 to 350 VDC)	24 V	2.5 A	3 A	S8VK-S06024
120 W		24 V	5 A	6 A	S8VK-S12024

Ohjeita kameran kuva-alueen laskemiseen sekä korkeuden säätöön:

How-to View the Optical Chart

The X axis of the optical chart shows the field of vision (mm)^{*1}, The Y axis of the optical chart shows the camera installation distance (mm) or WD^{*2}.



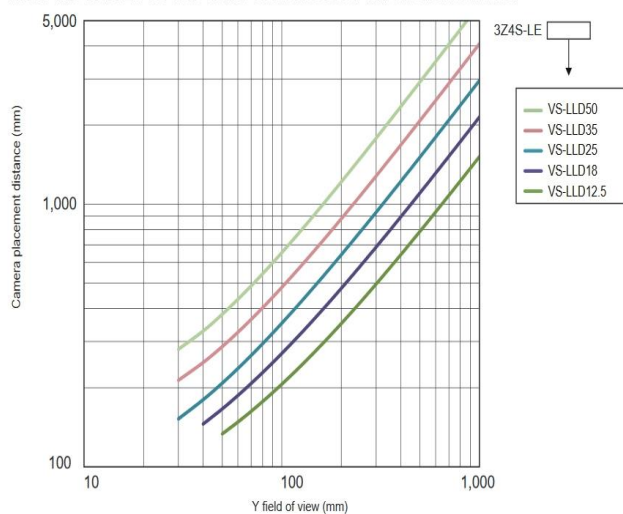
*1. The lengths of the fields of vision given in the optical charts are the lengths of the Y axis.

*2. The vertical axis represents WD for small cameras.

(j) Digital CMOS Camera (Standalone): FH-S□21R

(Using 3Z4S-LE VS-LLD Series)

Note: The 3Z4S-LE VS-LDD Series cannot be used with an extension tube.



Harjoitustehtävät



Konenäköharjoituksia

Omron FH-järjestelmä

Ennakko tehtävät

- Tutkimus-ja hakutehtäviä
 - Etsi kolme erilaista esimerkkiä, missä konenäköä hyödynnetään.
 - Mikä on valaistuksen merkitys konenäköjärjestelmässä? Entä millainen valaistus sopii mihinkin mittaukseen?
 - Millainen konenäkökamera sopii mihinkin tarkoitukseen (mustavalko/väri, resoluutio, viiva vai matriisikamera...)
 - Mitkä ovat konenäköjärjestelmän osa-alueet?
- You Tube: katso video: <https://youtu.be/kYefbyMtVF8>
 - Video on ranskankielinen, mutta siitä näkyy hyvin mittausasetusten järjestys.

Ohjeita tehtävien tekemiseen

- Tarkista, että kaikki kytkennät on oikein ja kiinni ennen kuin kytket pistokkeen.
- Tutustu ohjeisiin ennen aloittamista.
- Jos Edit flowssa on jotain mittaus/tunnistusmenetelmiä valittuna, niin ne on poistettava ennen uuden scenen aloitusta (Edit flow->valitse mittaus Scene näkymästä->Delete).
- Kun teet tehtäviä, niin voit joko poistaa edellisen tehtävän menetelmät (edit flow-> valitse Scene näkymästä->delete) tai tehdä toisen scenen.
- Muista ottaa kuvia raporttia varten.
- Tyhjennä lopuksi Edit flowsta mittaukset ja sammuta järjestelmä (File->End). Ohjelma kysyy haluatko tallentaa, vastaa Kyllä.

Tehtävä 1 - tunnistus

- Valitse tunnistettava kappale
- Käynnistä FH-järjestelmä ja tarkista, että kappale on kameran kuvausalueella. Sääda sopiva valaistus ja tarkenna kameran focus. Tallenna kuva (Capture).
- Tee mittaukselle Scene Edit flow:n avulla (Edit Flow->valitse mittaus-> Attend).
- Määrittele mittaus (muista tarkistaa toimiiko mittaus, Measurement-> Measure)
- Määrittele tunnisteprosentti Measurement->Measurement condition-> Candidate LV (suositus vähintään 70%).
- Palaa takaisin mittausnäkyymään.
- Tee ensin yksi mittaus ja muuta sen jälkeen mittaus jatkuvaksi mittaukseksi.
- Liikuttele kappaletta kuvausalueella ja tarkkaile muuttuuko mittaustulos (OK/NG).
- Kokeile muuttaa tunnisteprosentti isommaksi. Vaikuttaako se tulokseen?

Tehtävä 2 - tunnistus

- Valitse kaksi (tai useampi) samanlaista kappaletta
- Tee kuten tehtävässä yksi, mutta käytä jotain muuta tunnistusmenetelmää kuin käytit tehtävässä 1.
- Aloita mittaus yhdellä kappaleella, muuta mittaus jatkuvaksi mittaukseksi .
- Lisää toinen kappale kuva-alueelle. Tunnistiko järjestelmä molemmat?
 - Jos kyllä, hienoa. Jos ei, mieti mitä voisit muuttaa mittauksessa.

Tehtävä 3 - mittaus

- Valitse kappale, josta voit mitata jotain (suorat sivut, ympyrä...)
- Mittaa kappale mahdollisimman tarkasti (referenssimitta).
- Laita kappale kameran mittausalueelle. Mieti mikä olisi kameran hyvä etäisyys kappaleesta, säädä valaistus ja focus.
- Tee scene, jossa mukana mittaustapa (Edit flow).
- Tutustu kalibrointiin (3 eri tapaa tehdä kalibrointi), tee kalibrointi ja ota se käyttöön (Output parameter).
- Tee mittaus. Voit käyttää myös jatkuvaa mittausta.
- Vastaako mittaustulos etukäteen tekemääsi mittausta?
 - Jos kyllä, onnittelut! /Jos ei, mieti mikä on pielessä

Tehtävä 4 - valaistus

- Testaa, miten valaistus vaikuttaa tunnistuksen luotettavuuteen:
 - Valitse kappale ja mittausmenetelmä (tunnistus) kuten edellisissä tehtävissä
 - Vertaile taustavalaistusta (valopöytä) ja sivuvalaistusta (molemmat päällä-> valopöytä päällä, sivuvalot päällä). Vaikuttaako mittaustulokseen?
 - Sääda tunnisteprosenttia (Candidate LV 70->100%). Vaikuttaako mittaustulokseen? Vaikuttaako valittu valaistus?
 - Sammuta taustavalo sekä sivuvalot ja käytä pelkästään tilan kattovalaistusta.
 - Käytä kameran Gain säätöä, jos tunnistettava kappale on huonosti näkyvissä.
 - Saatko tehtyä hyväksytyn mittauksen ?
 - Vinkki: Kokeile säätää tunnisteprosenttia (esim. 30-50%) Onnistuiko mittaus?